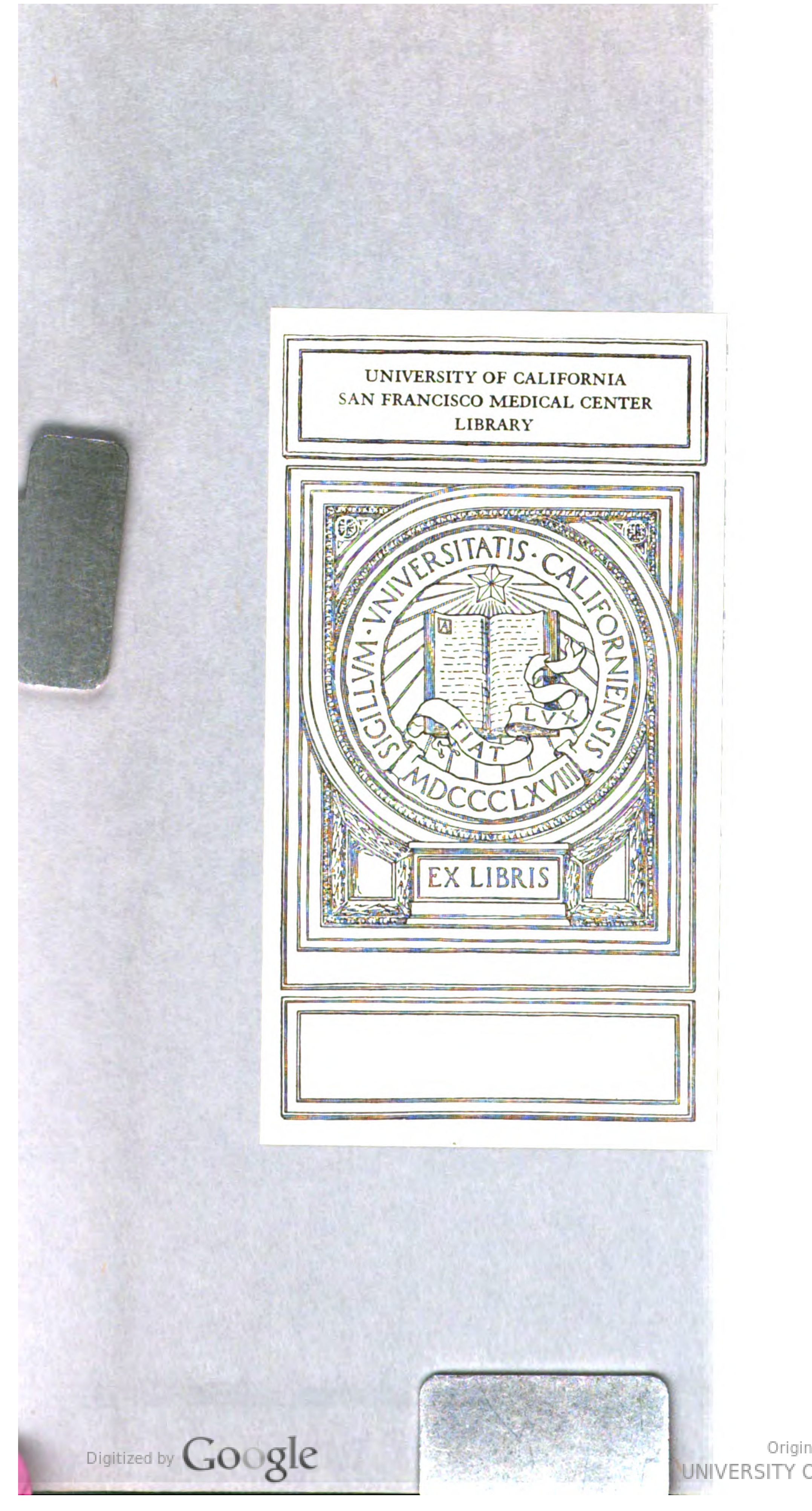

UNIVERSITY OF CALIFORNIA
SAN FRANCISCO MEDICAL CENTER
LIBRARY
SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

ZEITSCHRIFT
FÜR
HYGIENE
UND
INFEKTIONSKRANKHEITEN.

HERAUSGEGEBEN

VON

PROF. DR. ROBERT KOCH,
WIRKL. GEHEIMEN RAT,

PROF. DR. C. FLÜGGE,
GEH. MEDIZINALRAT UND DIREKTOR
DES HYGIENISCHEN INSTITUTS DER
UNIVERSITÄT BRESLAU,

UND

DR. G. GAFFKY,
GEH. OBERMEDIZINALRAT UND DIREKTOR
DES INSTITUTS FÜR INFEKTIONSKRANKHEITEN
ZU BERLIN.

NEUNUNDFÜNFZIGSTER BAND.

MIT ZAHLREICHEN ABBILDUNGEN IM TEXT UND ZWEI TAFELN.

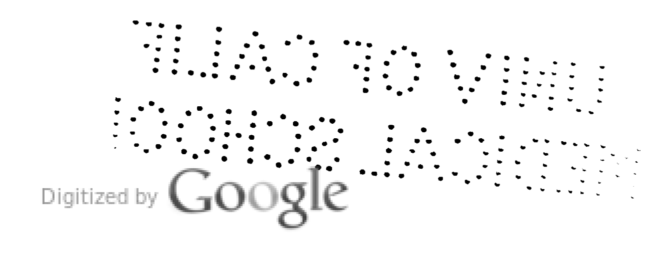
CARL FLÜGGE VON SEINEN SCHÜLERN GEWIDMET.



LEIPZIG
VERLAG VON VEIT & COMP.
1908



Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.



Inhalt.



Über die Passierbarkeit der kranken Nieren für die Bakterien.

Von

Prof. **W. Wyssokowicz**
aus Kiew.

Vor 21 Jahren habe ich in dem ersten Hefte des ersten Bandes der „Zeitschrift für Hygiene“ meine Arbeit: „Über die Schicksale der ins Blut injizierten Mikroorganismen“ veröffentlicht. Seitdem sind nicht wenig Arbeiten erschienen, welche den Grundgedanken meiner Untersuchungen über die Undurchlässigkeit der filtrierenden Membranen des Tierkörpers und der Wand der Kapillaren für kleinkörnige Stoffe überhaupt und für Bakterien insbesondere bestätigt haben. Manche entgegenstehende Beobachtungen waren nicht imstande, diese Tatsache umzustoßen, und jetzt kann der Satz als festgestellt und unbestreitbar angesehen werden, daß die ins Blut eingeführten Bakterien durch gesunde unverletzte Nieren nicht in den Harn eindringen können.

Schon als wir die obenerwähnte Arbeit im Hygienischen Institute in Göttingen bei Herrn Prof. C. Flügge unternahmen, erschien uns die Frage interessant, inwiefern obiges Resultat sich verändert, wenn bei Erkrankung und Entzündung der Nieren Eiweiß aus dem Blute in den Harn ausgeschieden wird.

Zur Aufklärung dieser Frage wurden von uns eine Reihe von Versuchen angestellt, in welchen wir bei Kaninchen mittels Chromsäure eine Entzündung hervorriefen und dann bei deutlich entwickelter Nephritis den Tieren Bakterien ins Blut injizierten.

Aus Zeitmangel konnten wir keine zahlreichen Versuche anstellen, doch haben uns einige Beobachtungen gezeigt, daß trotz der hervor-



gerufenen Nephritis und der Ausscheidung von Eiweiß mit dem Harn weder Micrococcus tetragenus und B. pneumoniae, noch Streptococcus pyogenes nach 2—4 $^1/_2$ bis 20 Stunden in den Harn passierten, auch nach dem Tode der Tiere.

Erst nach vielen Jahren bot sich uns im Jahre 1900 wieder die Gelegenheit, einige diesbezügliche Beobachtungen in dem Pasteurschen Institut in Paris zu machen.

Diesmal wurde eine Vergiftung der Tiere durch eine Lösung von Ammonium bichromicum ($^1/_4$ Prozent), welche subkutan in verschiedenen Dosen eingespritzt wurde, hervorgerufen. Es genügten 3—5 bis 10 ^{ccm}, um innerhalb 1 bis 3 bis 5 Tagen eine deutliche Veränderung der Funktion der Nieren hervorzurufen mit Ausscheidung von Eiweiß, Epithelzellen und hyalinen oder granulierten Zylindern im Harn. Rote Blutkörperchen und Leukozyten waren im Harnsediment nicht zu beobachten.

Für unsere Versuche benutzten wir Sporen von B. subtilis, da die letzteren im Tierkörper sich ziemlich lang erhalten und das Resultat nicht verwirren können. Eine Verwirrung des Resultats ist aber leicht möglich bei vegetativen Formen, wie das aus den Versuchen Nr. 3 und 6 deutlich hervorgeht (s. Tabelle I), wo wir einen Saprophyten *a* benutzten, und aus den Versuchen Nr. 4 und 9, wo wir den Staphylococcus pyogenes aureus einspritzten. In diesen letzteren ist zweifellos ein Teil der injizierten Mikroorganismen im Tierkörper zugrunde gegangen, insbesondere in den Versuchen Nr. 3 und 6 mit dem Saprophyten *a*. Als wir uns überzeugt hatten, daß mit dem Harn der Kaninchen schon Eiweiß ausgeschieden wird, spritzten wir den Tieren in die Ohrvenen Bakterien ein, und dann wurden die Tiere in verschiedenen Intervallen getötet.

Um die Entleerung der Harnblase nach dem Tode zu verhindern, ließen wir die Tiere aufrecht auf dem Tische stehen; in dieser ungewohnten Lage haben sie niemals spontan Harn gelassen. Die Einimpfungen auf Agar und zuweilen gleichzeitig auf Gelatine wurden nach der gewöhnlichen Methode ausgeführt. Vor der Entnahme des Harns aus der Blase durchbrannten wir ihre Wandung mit einem stark erhitzten Messer. Die Resultate sind in der Tabelle I zusammengestellt.

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß trotz der Ausscheidung von Eiweiß mit dem Harn Bakterien, Sporen und pathogene Kokken (Staphylococcus pyogenes aureus) aus dem Blute in den Harn nicht ausgeschieden werden, obgleich diese Bakterien in großen Mengen ins Blut eingeführt und im Momente des Todes der Tiere nicht vollständig aus dem Blute eliminiert worden waren.

Der Umstand, daß in allen unseren Versuchen auch die Sporen des B. subtilis nach 3 $^1/_2$ Stunden aus dem Blute nicht verschwunden waren,



Tabelle I.

Versuchs-Nr.	Injektionsmenge ($^1/_4$ Proz. Ammonii bichromici) in ccm	Wieviel Tage wird die Lösung injiziert	Die Zeit der Injektion der Bakterien	Bakterienart	Resultate der Untersuchungen					
					Blut	Milz	Leber	Niere	Harn	Die Menge des entnommenen Harns
88	6	5	2 Stunden vor dem Tode	Sporen v. B. subtilis	8 Kolonien	∞ (s. viele Kolon.	viele Kolonien		0+0	10 u. 14 Tropfen
91	3	3	$1^1/_2$	desgl.	20	∞	desgl.		0+0	10 u. 30
1	6	2	krepierte	—	—	—	—	—	—	—
2	10	6	$3^1/_4$	Sporen v. B. subtilis	7	∞	viele Kolon.	2+4 Kol.	0+0	6 u. 18
3	10	5	$3^1/_2$	Saproph. *a*	0	3	1	0	0	16
4	13	6	5	Staphyl. pyog. aur.	2+6	300	120	1	0+0	6 u. 16
5	8	3	3	Sporen v. B. subtilis	0+0	∞	viele	1	0+0	15 u. 5
6	10	1	$3^1/_2$	Saproph. *a*	0	15	10	0	0	12
7	9	4	$3^1/_2$	Sporen v. B. subtilis	80	∞	viele	45	0+0	8 u. 16
8	15	1	krepierte	—	—	—	—	—	—	—
9	20	2	$4^1/_2$	Staphyl. pyog. aur.	8	500	300	3	0+0	7 u. 16

kann durch die Einwirkung des Chromsalzes auf den Organismus erklärt werden: wahrscheinlich wird die phagozytierende Tätigkeit der Milz, der Leber und anderer Organe (und zwar der Endothelzellen der Kapillaren) in gewissem Grade und jedenfalls deutlich beeinträchtigt. Doch ungeachtet der länger andauernden Zirkulation im Blute dringt weder eine Bakterie noch eine Spore durch die veränderte Wand der Kapillaren.

Obgleich unsere Versuche nicht zahlreich waren, scheinen uns doch die angegebenen eindeutigen Resultate der Versuche an den mit Chromsäure behandelten Kaninchen beweiskräftig genug zu sein, um die gestellte Frage für gelöst zu halten.

Behufs endgültiger Entscheidung der Frage, ob die Nieren für Bakterien passierbar sind, wollten wir auch eine Reihe von Versuchen anstellen mit der Vergiftung mittels solcher Stoffe, welche größere Veränderungen in den Nieren hervorzurufen imstande sind, und zwar in der Art von Glomerulo nephritis und Nephritis haemorrhagica.

In solchen Fällen, wo aus den Blutgefäßen der Nieren in die Harnkanälchen rote Blutkörperchen eindringen, kann man a priori annehmen, daß auch Bakterien aus dem Blute in den Harn übergehen. Wichtig ist



es, das Verhältnis der in den Harn ausgeschiedenen Mikroben zu demjenigen der im Organismus abgelagerten festzustellen, um auch dieser Ausscheidung der Mikroben ihre bestimmte Stelle und Bedeutung in der Pathologie anzuweisen. Zu diesem Zwecke haben wir eine Reihe von Versuchen angestellt, wo wir bei Kaninchen eine Nierenentzündung mittels Kalium cantharidinicum, Uranum aceticum und Aloin hervorriefen (die ersteren wurden ins Blut und subkutan injiziert, Aloin wurde durch eine Sonde in den Magen eingeführt).

Diese Versuche haben aber gezeigt, daß es möglich war, mittels der obenerwähnten Stoffe eine Nephritis mit Eiweiß im Harne und Harnzylindern, aber ohne rote Blutkörperchen hervorzurufen.

Die Veränderungen bestanden in Bräunung der Kortikalsubstanz und Hyperämie der Pyramiden, es fand sich aber nichts einer hämorrhagischen Nephritis Ähnliches. Die Resultate der Versuche sind in der Tabelle II zusammengestellt.

Tabelle II.

Versuchs-Nr.	Injektionsmenge (Kalium cantharidinic. (1:1000) in ccm	Wieviel Tage wird die Lösung injiziert	Zeit der Injektion der Bakterien	Bakterienart	Resultate der Untersuchungen					
					Blut	Milz	Leber	Niere	Harn	Die Menge des entnommenen Harns
1	0·5	1	5 Std. vor dem Tode	Sporen v. B. subtilis	0	s. viele Kolon.	viele	11	0	12 Tropf.
2	2·0	krepierten in der Nacht; die Nieren waren nur hyperämiert								
3	3·0									
4	2·0 Uranum acetic. 1 Proz.	3	$3^1/_2$	desgl.	60	s. viele	viele	50	0	15 Tropf.
5	2·0	3	$3^1/_4$	desgl.	5	200	100	11	0	3 Tropf.
6	3·0 Aloin. ac. + 10 ccm 5 Proz. KCO_3	1	krepierte nach 24 Stunden							
7	0·5	3	$3^1/_2$	desgl.	10	100	40	4	0	8 Tropf.
8	desgl.	2	$3^1/_2$	desgl.	9	500	200	10	0	8 Tropf.

Es wurden also mit diesen Stoffen dieselben Resultate wie mit Ammonium bichromicum erzielt: es gelang uns, keine hämorrhagische Nephritis hervorzurufen. Deshalb stellten wir noch zwei Versuche an Hunden an, bei welchen es leichter gelingt, mittels Uranum aceticum und Kalium cantharidinicum eine hämorrhagische Nephritis hervorzurufen, als bei Kaninchen.



Die Resultate der Versuche sind aus der Tabelle III ersichtlich.

Tabelle III.

Versuchs-Nr.	Injektionsmenge in ccm	Wieviel Tage wird die Lösung injiziert	Zeit der Injektion der Bakterien	Bakterienart	Resultate der Untersuchungen					
					Blut	Milz	Leber	Niere	Harn	Die Menge des entnommenen Harns
1	Kalium cantharidinicum (1:1000) 8 + 8 + 8	3	3 Std. vor dem Tode	Sporen von B. subtilis	Einzelne Kolonien	Einzelne Kolonien	sehr viele	Einzelne Kolonien	0	12 Tropf.
2	Uranum acet. 5 Proz. subkutan 2·4 + 2·4 + 2·4	3	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.	0	desgl.

Die Untersuchung des Harnes, welche wir bei diesen Versuchen vor der Einspritzung ins Blut der Sporen des B. subtilis vornahmen, ergab das Vorhandensein von Eiweiß, Epithelzellen und hyalinen Zylindern; es fand sich im Harn kein Blut und keine roten Blutkörperchen im Sediment. Also es gelang uns auch bei Hunden, keine hämorrhagische Nephritis hervorzurufen. Aber diese Versuche mit Hunden bestätigen die Resultate der oben angeführten, welche an Kaninchen vorgenommen wurden, und zwar daß durch die veränderten und Eiweiß ausscheidenden Nieren keine Bakterien aus dem Blute durchdringen können.



[Aus dem hygienischen Institut der Universität Bonn.]

Beiträge zur Hygiene des Wassers.

Von

Prof. **Kruse.**

Seitdem ich (1893) Flügges Assistent war, habe ich mich viel mit den hygienischen Verhältnissen des Wassers — in allen seinen Formen — beschäftigt. Unter den folgenden Überschriften stelle ich eine Reihe von Erfahrungen und Untersuchungen zusammen, die sich teils an frühere Arbeiten anschließen, teils neue Fragen behandeln.

I. Ein einfacher „Taucher“ zur Entnahme von Wasser.

Die gewöhnlichen Vorrichtungen zur Entnahme von Wasserproben aus Kesselbrunnen, Flüssen oder Wasserbecken jeder Art haben verschiedene Nachteile. Nach mannigfachen Versuchen ist es mir gelungen, einen „Taucher“ zu erfinden, der sich uns und vielen anderen schon seit etwa zehn Jahren in Hunderten und Tausenden von Versuchen bestens bewährt

hat. Die für die meisten Untersuchungen geeignete Form ist die eines dickwandigen Reagensglases, das unten zur Beschwerung Schrotkörner eingeschmolzen enthält und oben durch einen eingeschliffenen Glasstöpsel geschlossen ist. Dieser Glasstöpsel ist das Wesentliche an der Vorrichtung. Er ist unten offen und bauchig aufgeblasen und enthält oben ein kurzes Glasrohr eingeschmolzen, das nach innen gerichtet und nach unten schräg abgeschnitten ist (s. Fig. 1). Wird der Taucher mit dem Stöpsel geschlossen im Wasser hinabgelassen, so dringt es tropfenweise, aber regelmäßig durch das Röhrchen im Stopfen ein. Wir erreichen dadurch, daß wir das Wasser aus der Tiefe des Wasserbeckens ohne eine irgend wie wesentliche Beimischung von Oberflächenwasser erhalten. Der Taucher wird in einer Blechbüchse durch trockene Hitze keimfrei gemacht, bleibt in ihr bis zur Wasserentnahme und nachher wieder bis zur Herstellung der Platten. Man kann mehrere dieser Büchsen ganz gut in einer Seitentasche des Rockes unterbringen. Zur Befestigung einer Schnur befindet sich am Halse des Tauchers ein Kupferdraht, der mit einer Öse aus einem Einschnitt der Blechbüchse hervorragt. Wenn man das entnommene Wasser zu Platten verarbeiten will, läßt man etwas Wasser aus dem umgekehrten Taucher herausfließen und nimmt dann den Stöpsel mit dem Finger oder noch besser mit einer ausgeglühten Zange, deren Enden mit Asbest ausgelegt sind, ab.

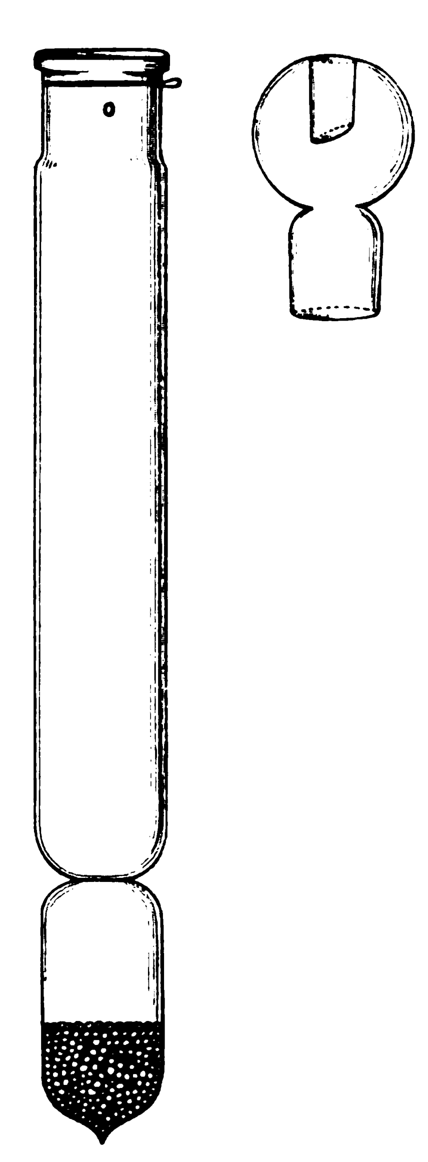


Fig. 1 ($^2/_3$ der nat. Größe).

Die gleichen Glasstöpsel können auch in beliebige andere Gefäße, z. B. Bierflaschen, eingeschliffen werden und dienen dann bei Untersuchungen über Wasserverunreinigung um Durchschnittsproben aus

größeren Gewässern zu entnehmen. In schnell fließenden Bächen oder Flüssen befestigt man das Gefäß am besten mit einer Kupferhülse oder einem Kupferbande an einem Stock, einer Angelrute oder dergl. Wenn man das Röhrchen im Stöpsel so einrichtet, daß die Wassertropfen bei gewöhnlichem Druck nur langsam hindurchtreten, so ist der Taucher wohl auch geeignet zur Entnahme von Wasserproben aus bestimmten größeren Tiefen, z. B. aus Seen. Bei meinen Talsperreuntersuchungen habe ich mich freilich noch einer besonderen Vorrichtung bedient, auf die ich hier nicht eingehen will, weil sie ebenso umständlich ist wie die sonst gebrauchten. Die Taucher können von Dr. Geissler Nachf. in Bonn bezogen werden.

II. Beobachtungen bei Keimprüfung von Grundwässern.

In einer früheren Mitteilung[1] hatte ich erwähnt, daß ich das von Flügge und M. Neisser[2] empfohlene und erprobte Verfahren zur Keimprüfung von Grundwässern, das auf der Entkeimung von frisch angelegten Bohrlöchern durch Einleiten von gespanntem Dampf beruht, in fünf Fällen angewandt hätte, ohne — mit einer Ausnahme — keimfreies Wasser zu erhalten. Man konnte das nicht etwa dadurch erklären, daß das Grundwasser an den betreffenden Stellen in natürlichem Zustande wirklich Keime enthielt, denn regelmäßig lieferten die dicht daneben errichteten, aber nach C. Fraenkels Verfahren chemisch desinfizierten Schlagbrunnen keimfreies Wasser. Vielmehr mußte man daran denken, daß das Verfahren selbst in diesem Falle kein einwandfreies Ergebnis gestattete. Wahrscheinlich gelangte das hier bakterienhaltige Wasser der oberen Bodenschichten beim Ansaugen längs dem Filterrohre in die Tiefe. Die durch die starke Erhitzung und nachfolgende Abkühlung bedingte Lockerung des Rohres mochte das begünstigen.

Auch mit dem Fränkelschen Verfahren habe ich im Laufe der Jahre von der Regel abweichende Erfahrungen gemacht. In zwei Fällen, in denen es sich um Anlage einer Wasserversorgung handelte, schien die Beschaffenheit des Bodens von vornherein allen Anforderungen zu genügen: eine dicke Lehmschicht bedeckte die weit und breit von Ansiedlungen und Flußläufen freie, ausschließlich dem Ackerbau dienende Oberfläche und darunter folgte ein sandiger Kies von den bekannten gut filtrierenden Eigenschaften des Rheinkieses. Ich erwartete deshalb hier in einer Tiefe von 6 m sicher keimfreies Wasser anzutreffen. Der in der üblichen Weise eingetriebene und mit Lysol desinfizierte Schlag-

[1] *Centralblatt für allgemeine Gesundheitspflege.* 1898. S. 37.
[2] *Diese Zeitschrift.* Bd. XX.



brunnen lieferte aber ein Wasser mit recht vielen Keimen. Eine Wiederholung des Versuches änderte daran nichts, in dem einen Fall auch nicht die Anwendung des Neisserschen Verfahrens. Fehler im Brunnenrohr ließen sich nicht nachweisen, es blieb also nichts übrig als anzunehmen, daß das Grundwasser wirklich in dieser Tiefe noch keimhaltig war. Auffällig war dabei aber die große Zahl der gefundenen Keime. Ich habe seinerzeit geglaubt, sie vielleicht dadurch erklären zu können, daß die Reste des Desinfektionsmittels im Boden — Kresol ist ja in sehr verdünntem Zustand ein Nährmittel für Bakterien — ebenso wie die trotz des starken Abpumpens noch erhöhte Temperatur auf die vereinzelt mit dem Wasser aus der Umgebung zuströmenden Keime anreichernd gewirkt hätten. Gewöhnlich wird das allerdings nicht an Stellen mit geringem Keimgehalt beobachtet. Die Möglichkeit, daß sich von vornherein Herde mit großer Keimzahl in diesem Untergrund vorgefunden hätten, ist nach den Mitteilungen, die Kabrhel[1] neuerdings über das Vordringen der Bakterien in die Tiefe des Bodens gemacht hat, auch nicht ausgeschlossen. Seine Befunde betrafen freilich höchstens Tiefen von 3 bis 4·5 ^{m} und waren auch niemals im Grundwasser selbst so reichlich wie in meinen Fällen. Nähere Feststellungen waren leider hier aus äußeren Gründen nicht möglich. Zu praktischen Schlußfolgerungen führte übrigens das beschriebene Vorkommnis nicht, denn in dem ersten Falle gelang es schon durch Eintreiben des Schlagbrunnens um einen weiteren Meter keimfreies Wasser zu bekommen, und in dem zweiten, wo die geringe Tiefe der Kiesschicht das nicht zuließ, förderte der Wasserwerksbrunnen, der trotz des schlechten bakteriologischen Befundes auf meine Empfehlung an derselben Stelle angelegt wurde, ein tadelloses Wasser zutage. Es kann sich also schlimmstenfalls nur um eine örtlich ganz beschränkte Verunreinigung des Bodens gehandelt haben.

III. Bedeutung des Colibefundes im Wasser.

Von jeher hat man sich bemüht, bestimmte Untersuchungsverfahren zu finden, die es gestatteten, im Laboratorium über die hygienische Beschaffenheit eines Wassers zu urteilen. Dazu wurde zuerst die chemische Untersuchung benutzt, dann die mikroskopische, die Zählung der Bakterien oder Bakterienarten, schließlich auch die Feststellung bestimmter verdächtiger Bakterien. Ein Verfahren nach dem anderen hat versagt: ein sicherer, d. h. allgemein gültiger Maßstab läßt sich auf solche Weise, wenn wir von dem auch heutzutage, selbst in wirklich verseuchten Wässern doch nur ausnahmsweise gelingenden Nachweise der Krankheitserreger absehen,

[1] *Archiv für Hygiene.* Bd. LVIII.



nicht gewinnen. Das schließt natürlich nicht aus, daß unter bestimmten Bedingungen, die namentlich von der Herkunft des zu prüfenden Wassers und der Art der Probenentnahme abhängen, aus der einmaligen und besonders der wiederholten Untersuchung im Laboratorium Schlüsse gezogen werden können, die geeignet sind, in maßgebender Weise die Folgerungen zu ergänzen, zu denen uns die sachverständige Ortsbesichtigung und sehr oft auch die Berücksichtigung der epidemiologischen Verhältnisse in der wasserverbrauchenden Bevölkerung führt. Im großen und ganzen sind wohl alle Fachmänner über diese Sätze einig[1], höchstens bestehen Meinungsverschiedenheiten über die verhältnismäßige Wertschätzung der einzelnen Untersuchungsverfahren. Im folgenden will ich mich nur über die Bedeutung des Colibefundes auslassen. Ich selbst bin wohl einer der ersten gewesen, der sich nachdrücklich gegen die vielfach gemachten Versuche ausgesprochen hat[2], die Anwesenheit der Colibazillen im Wasser als ein Zeichen für die Verunreinigung des Wassers mit Kot zu betrachten. Mein Schüler Weissenfeld[3] hat dann weiter den Nachweis geführt, daß auch die Pathogenität der im Wasser gefundenen Colibazillen nichts für die Herkunft aus dem Kot beweist. Was die Verbreitung der Colibazillen anlangt, kam er sogar durch seine Versuche, die an 30 guten und 26 schlechten Brunnen ausgeführt wurden, zu dem Schluß, daß aus jedem Wasser Colibazillen zu züchten seien, wenn man nur genügend große Wassermengen (bis zu 1 Liter) dazu benutzte. Diese unsere Ergebnisse sind niemals widerlegt, dagegen vielfach im wesentlichen bestätigt worden[4]. An Einwendungen hat es freilich auch nicht gefehlt, insbesondere hat man die Angaben bemängelt, daß wirklich in allen Wässern ohne Ausnahme Colibazillen zu finden wären. Ich lege natürlich gar keinen Wert auf die buchstäbliche Aufrechterhaltung unseres Satzes. Wo gibt es eine Regel, die nicht auch Ausnahmen hätte? Das Wesentliche ist ja doch

[1] Vgl. Flügge, Hygienische Beurteilung von Trink- und Nutzwasser. *Bericht über die 20. Versammlung des deutschen Vereins für öffentl. Gesundheitspflege zu Stuttgart.* 1895

[2] *Diese Zeitschrift.* 1894. Bd. XVII. S. 43. — Flügges *Mikroorganismen.* 3. Aufl. S. 368.

[3] *Diese Zeitschrift.* 1900. Bd. XXXV.

[4] Vgl. Burri, *Hygienische Rundschau.* 1895. S. 49. — v. Freudenreich, *Centralblatt für Bakteriologie.* Bd. XVIII. S. 102. — Lehmann u. Neumann. *Grundriß.* 3. Aufl. S. 272. — Savage, *Journal of hygiene.* 1902. — Horton. *ebenda.* 1903. — Houston, *ebenda.* 1904 und *4. Report Commiss. Sewage disposal.* 1904. — Prescott, *American Medicine.* Januar 1903. — Petruschky u. Pusch, *diese Zeitschrift.* Bd. XLIII. S. 305. — Ejkmann, *Centralblatt f. Bakteriologie.* Bd. XXXVII. S. 749. — Clark u. Gage, *34. annual report of the state board of health of Massachusetts.* 1903. p. 245.



nur, daß der Befund auch virulenter Colibazillen im Wasser nichts gegen dessen Güte beweist. Im übrigen glaube ich, daß die meisten Forscher aus verschiedenen Ursachen die Häufigkeit des Colibakteriums im Wasser unterschätzt haben. So fanden Winslow und Hunnewell[1] nur in 5 ihrer 157 Proben einwandfreien Wassers echte Colibazillen, wenn sie 1 ccm verarbeiteten — (Weissenfeld in 8 von 30), in 11 von 153, wenn sie 100 ccm zur Züchtung benutzten. Sicher wären die Zahlen der beiden Forscher schon größer gewesen, wenn sie, wie es Weissenfeld meist tat, 1 Liter verarbeitet hätten. Unter Umständen wird natürlich auch eine einmalige Züchtung nicht genügen, sondern man wird die Probe wiederholen müssen. So ging es uns neulich, als wir wieder unser Bonner Leitungswasser, das auf Gelatineplatten fast keimfrei ist, untersuchten. Erst etwa jede zweite Probe ließ Bakterien mit den Eigenschaften der sogenannten Colibazillen wachsen. Ferner haben Winslow und Hunnewell sicher bei ihrem Verfahren Colibazillen übersehen, da sie nur die Mischkulturen zu Platten verarbeiteten, die Gas entwickelt hatten, und nur die Milchzuckeragarplatten untersuchten, auf denen rote Kolonien auftraten. Jederman, der viele Fäcesuntersuchungen gemacht hat, weiß, daß sehr oft aus blauen Kolonien sich später die schönsten Colibazillen entwickeln. Selbst die Gasbildung kann in der ersten Generation fehlen und wird gerade bei den durch den Aufenthalt im Wasser geschwächten Colibazillen öfters fehlen, namentlich in Mischkulturen. Schließlich haben Winslow und Hunnewell den Begriff der Colibazillen viel zu eng gefaßt. Es handelt sich doch bei der ganzen Probe nur um den Nachweis von Fäcesbakterien, und als solche sind wohl alle Gelatine nicht verflüssigenden und nicht sporenbildenden, gramnegativen Bazillen zu betrachten, die Traubenzucker unter Gasbildung vergären, einerlei ob sie Indol bilden, Nitrat reduzieren und die Milch schnell zur Gärung bringen. Sie gehören zusammen, nicht nur weil sie sich sehr häufig nebeneinander im Darm finden[2] oder einander vertreten, sondern weil sie auch vielfache Übergänge zueinander zeigen. Winslow und Hunnewell haben denn auch außer den echten Colibazillen eine ganze Reihe von „Paracolibazillen" gezüchtet. Ihre positiven Funde werden dadurch allein fast verdoppelt. Bei Berücksichtigung aller dieser Umstände wird der Unterschied zwischen unseren Ergebnissen sehr viel geringer. Daß übrigens die Methodik der genannten Forscher keine vollendete war, wird schon dadurch wahrscheinlich gemacht, daß sie selbst in sicher verunreinigten Wässern durchaus nicht immer, sondern nur in höchstens 36 Prozent ihrer Fälle Coli nachwiesen.

[1] *Journ. of medic. research.* 1902. Vol. VIII. p. 520.

[2] Vgl. z. B. Horrocks *Journ. of hygiene.* 1901.

Manche Forscher, auch solche, die oft genug selbst Colibazillen im einwandfreien Wasser gefunden haben, geraten merkwürdigerweise dennoch gegen uns in Harnisch. Petruschky und Pusch tun das deswegen, weil „Weissenfeld, der unter Kruse arbeitete, ausdrücklich die Brauchbarkeit dieses Indikators — des Colibefundes als Zeichen einer Verunreinigung mit Fäkalien — in Abrede stellte". Das ist ein Mißverständnis und ebenso unberechtigt die daran geknüpfte etwas boshafte Bemerkung: „Der Gedanke, daß es schon einen erheblichen Reinheitsunterschied bedeute, ob Bacterium coli in 1 ccm oder erst in 1000 ccm nachweisbar ist, scheint dem Verfasser gar nicht gekommen zu sein." Gerade das Gegenteil ist richtig: Weissenfeld selbst hebt hervor, daß gute Wässer sich durchschnittlich dadurch von schlechten unterscheiden, daß von letzteren schon geringe Mengen Colibazillen enthalten. Das ist also in gewissem Sinne eine Bestätigung der namentlich von amerikanischen und englischen Forschern (Smith, Jordan, Klein und Houston) viele Jahre vor Petruschky und Pusch vertretenen Ansicht, daß die Coliprobe zur Beurteilung des Grades einer Wasserverunreinigung geeignet sei, wenn man sie quantitativ, nicht qualitativ anstelle. Allerdings mußte Weissenfeld, wie bemerkt, darauf hinweisen, daß auch einige tadellose Wässer in der kleinsten zum Versuch benutzten Menge (1 ccm) Colibazillen enthalten, und man hätte daraus den von Weissenfeld nicht ausgesprochenen Schluß ziehen können, daß die Coliprobe auch mit dieser Menge angestellt, keinen zuverlässigen Maßstab der Verunreinigung bilde. Damit war natürlich noch nicht über die Frage entschieden, ob nicht dergleichen Untersuchungen, namentlich bei Verarbeitung noch kleinerer Mengen zur quantitativen Abschätzung von Wasserverunreinigungen brauchbar sind. Das scheint nach den erwähnten amerikanischen und englischen Forschern in der Tat der Fall zu sein. Die Ergebnisse Petruschkys und Puschs, Kisskalts[1], Brezinas[2] und Preus[3], sowie meine eigenen Laboratoriumserfahrungen sprechen auch dafür. Man findet im allgemeinen in um so kleineren Wassermengen Colibazillen, je stärker das betreffende Wasser verunreinigt ist. Nach Jordan[4] wäre der Colibefund als Indikator der Selbstreinigung der Flüsse und der künstlichen Reinigung von Flüssen durch Sandfilter zu benutzen. In der Tat erhielt er bei den zahlreichen Proben, die er mit dem Wasser des Kanals, der Chicago mit dem Mississippi verbindet, und mit dem Mississippiwasser

[1] *Diese Zeitschrift.* Bd. LIII.
[2] *Ebenda.*
[3] Abwässer von Erlangen usw. *Philosoph.-Dissert.* 1905.
[4] *Journal of hygiene.* 1901.



selbst vor und nach der Filtration bei St. Louis anstellte, in folgenden Verhältnisse positive Befunde:[1]

Mit einer Wassermenge von	Im Kanal bei Chicago	100 km unterhalb (Ottawa)	300 km unterhalb (Averyville)	Im Mississippi vor der Filtration	Bei St. Louis nach der Filtration
0·00001 ccm	7/23	—	—	—	—
0·0001 "	28/32	—	—	—	—
0·001 "	8/11	—	—	—	—
0·01 "	4/4	6/22	0/1	—	—
0·1 "	2/2	19/34	4/27	13/22	5/29
1·0 "	—	31/74	13/31	17/22	15/20

Man sieht daraus, wie die Häufigkeit der Colifunde mit dem Wege, den das Flußwasser von Chicago aus zurücklegt, immer mehr abnimmt und im filtrierten Wasser erheblich geringer ist als im unfiltrierten. Wir haben aber diese Zahlen auch deswegen wiedergegeben, weil sie uns die schwache Seite der Coliprobe zeigen. Von einer Beständigkeit der Ergebnisse ist nicht im entferntesten die Rede, welche Wassermengen man auch zur Prüfung benutzt.[2] Auch aus stark verunreinigtem Wasser bekommt man unter Umständen, oder sogar gewöhnlich (vgl. Winslow und Hunnewell) keine Colibazillen und züchtet sie umgekehrt auch aus sehr gut gereinigtem Wasser. Eine einmalige Untersuchung gibt uns höchstens unsichere Anhaltpunkte für den Grad der Verunreinigung und selbst aus zahlreichen Untersuchungen gewinnt man keine Grenzzahlen, an die man sich etwa halten könnte. Alles in allem genommen, scheint mir die Coliprobe noch nicht einmal die Wertschätzung zu verdienen, wie die gewöhnliche Keimzählung, denn im großen und ganzen weichen die Ergebnisse beider Verfahren nicht voneinander ab, und einfacher, sowie weniger Zufälligkeiten und Fehlern ausgesetzt, ist die Keimzählung ganz entschieden. Was den letzten Punkt anlangt, ist es zunächst nach zahlreichen Erfahrungen von mir und anderen keineswegs erlaubt, den „Thermophilentiter“ oder den „Gärungstiter“ dem Colititer gleichzusetzen, d. h. das, was sich bei 37° in der Anreicherungskultur entwickelt oder dort Gas bildet, ohne weiteres für Coli zu erklären; man muß die Bazillen vielmehr in der bekannten

[1] Der Nenner der Brüche bezeichnet die Zahl der Probetage überhaupt, der Zähler die der Tage mit positivem Ergebnis der Prüfung. Züchtung in 0·1 Prozent Karbolbouillon.

[2] Wenn das Kanalwasser bei Chicago in der Menge von 0·01 und 0·1 ccm öfter untersucht worden wäre, hätte man jedenfalls auch Mißerfolge gehabt.



Weise isolieren. Das erfordert natürlich Zeit und Material und unter Umständen erhebliche Mühe. Verwechselungen des Colibacillus — im weiteren oder engeren Sinne genommen — sind möglich, insbesondere mit den Bakterien der Gruppe des Bac. cloacae. Diese unterscheiden sich nur dadurch von den Colibazillen, daß sie die Gelatine mehr oder weniger, aber oft sehr spät verflüssigen und bei der Zuckergärung mehr Kohlensäure als Wasserstoff entwickeln. Man hat ihre Gegenwart dabei durchaus anders zu beurteilen, weil sie in Fäces nur ausnahmsweise vorkommen.[1] In der Tat habe ich sie in einwandfreien Wässern zum Teil noch in erheblichen Verdünnungen gefunden. Es ist mir gar nicht zweifelhaft, daß sie öfters für Coli gehalten worden sind, da man die Zusammensetzung der Gärungsgase sehr selten untersucht und die Gelatinekulturen auch wohl meist kaum länger wie Kisskalt, nämlich 5 Tage, beobachtet hat. Daß diese Fehlerquelle nicht gering zu schätzen ist, beweist eine Angabe, die ich bei Gage finde.[2] Es verflüssigten nämlich unter 1908 gasbildenden Kulturen aus verschiedenen Wässern nicht weniger wie 17 Prozent, unter solchen von Flußwasser sogar 30 Prozent binnen 14 Tagen die Gelatine, davon 8 und 21 Prozent in 4 Tagen. Während Brezina ungefähr auf meinem Standpunkte steht, sind die beiden anderen deutschen Bearbeiter der Frage, Petruschky und Pusch, sowie Kisskalt so weit entfernt, dieses mein Urteil über die Coliprobe zu teilen, daß sie sie im Gegensatz zu den Keimzahlen als guten Maßstab der Verunreinigung mit Fäces oder gar der Infektiosität betrachten. Meines Erachtens lehren gerade die Kisskaltschen Bestimmungen, daß die Coliprobe nicht wesentlich mehr, sondern eher weniger wert ist, als die Keimzählung. Ich gebe sie daher in nachstehender Übersicht wieder.

	Pegelstand der Lahn	Wieseck				Lahn			
		I (oberhalb)		II (unterhalb)		III (oberhalb)		IV (unterhalb)	
		Keimzahl	Colititer	Keimzahl	Colititer	Keimzahl	Colititer	Keimzahl	Colititer
1	1·0	2060	0·001	28 600	0·0001	780	0·1	2 166	0·001
2	0·6	3080	0·01	21 200	0·0001	1220	0·1	3 428	0·01
3	1·7	3920	0·1	29 920	0·001	3670	0·1	5 200	0·01
4	2·4	5340	0·1	11 900	0·01	5300	0·1	4 000	0·01
5	1·8	835	0·01	8 200	0·001	1210	0·01	1 285	0·01
6	2·3	2600	0·001	5 900	0·001	4900	0·01	3 800	0·1
7	0·4	1610	0·1	15 000	0·00001	570	0·1	5 500	0·001
8	0·4	3100	0·1	50 000	0·0001	686	0·1	10 000	0·00001

[1] Vgl. Mac Conkey, *Journal of hygiene.* 1905.
[2] *33. annual report of the state board of health of Massach.* p. 404.



Vorstehende Keimzahlen und Colititer wurden bei verschiedenen Pegelständen in der Lahn und der Wieseck vor und nach der Verunreinigung durch die Abwässer Gießens gefunden.

Beurteilt man zunächst die vier Wässer nach der Keimzahl, so kann man sie ihrer durchschnittlichen Reinheit nach folgendermaßen ordnen: am reinsten erscheint die Lahn oberhalb Gießens (III); sie enthält dort in fünf von acht Fällen die wenigsten Keime, und nur zweimal mehr als I und IV; dann folgt die Wieseck oberhalb der Stadt (I), da sie nur zweimal die wenigsten Keime hat, aber bis auf einmal weniger hat als III; dann die Lahn unterhalb (IV), die nur einmal am keimärmsten ist, aber stets weniger Keime zählt als IV, und schließlich als schmutzigstes, weil stets keimreichstes Wasser, die Wieseck unterhalb Gießens (II). Genau dieselbe Reihenfolge III, I, IV, II erhalten wir aber, wenn wir die Wässer nach ihrem Colititer beurteilen. Um uns einen ziffermäßigen Vergleich zu ermöglichen, wollen wir die einzelnen Zahlenreihen summieren; auch dann ändert sich die Reihenfolge nicht, ob wir Keimzahl oder Colititer berücksichtigen:

	Summen der Keimzahlen	der Colititer
III	15 336	0·6200
I	22 545	0·4220
IV	35 379	0·14201
II	170 720	0·01321

Man sieht daraus ferner, daß in beiden Fällen der Unterschied zwischen III und I am geringsten, der zwischen I und IV größer und zwischen IV und II bei weitem am größten ist.

Ergibt sich sonach bei Beurteilung im ganzen bisher kein Vorzug für die eine oder andere Methode, so tritt ein solcher unseres Erachtens hervor, wenn wir die einzelnen Zahlen uns ansehen: der Colititer zeigt nämlich weit erheblichere und unerklärlichere Schwankungen als die Keimzahl. Wie erklärt sich z. B. die gewaltige Verschlechterung des Colititers bei der 1. und 6. Entnahme in der Wieseck oberhalb Gießens und seine erhebliche Verschlechterung bei der 5. und 6. Entnahme in der Lahn oberhalb Gießens, d. h. bei mittlerem und starkem Hochwasser, während gleichzeitig die Lahn unterhalb der Stadt bei der 6. Entnahme sogar am wenigsten Colibazillen aufweist und die Wieseck unterhalb Gießens weniger als gewöhnlich? Die Keimzahlen bieten zu derselben Zeit höchstens die Abweichung, daß die Unterschiede zwischen den einzelnen Entnahmestellen geringer sind. Wir sind aber ja längst gewöhnt, daß bei Hochwässern die durch örtliche Verunreinigungen hervorgerufenen Keimschwankungen verschwinden, und finden das durchaus verständlich, weil



die gewöhnlichen Unterschiede hier durch die Verdünnung und durch die aus anderen Quellen zuströmenden Verunreinigungen ausgeglichen werden. Bei der 4. Entnahme, bei der ebenfalls starkes Hochwasser bestand, folgt übrigens auch der Colititer diesem Gesetz.

Wenn umgekehrt bei niedrigen Wasserständen (7. und 8. Entnahme) der Colititer je nach dem Maße der örtlichen Verunreinigung die größten Unterschiede zeigt, so tun das die Keimzahlen nicht minder, ein Vorzug der Coliprobe ist also daraus nicht zu erschließen.

Worauf gründet sich nun aber die Behauptung Kisskalts, die Zahl der Colibazillen sei ein Zeichen reichlicherer Infektionsgelegenheit, während man das von der hohen Keimzahl nicht sagen dürfe? Der einzige Beweisgrund ist wieder nur die Annahme, daß die Colibazillen aus Fäces und zwar, wie offenbar stillschweigend vorausgesetzt wird, aus menschlichen Fäces stammten. Diese Annahme ist durch nichts bewiesen, wie ja allein schon das häufige Vorkommen der Colibazillen in tadellosen Wässern und auch in anderen Stoffen (z. B. Sauerteig nach Prescott, Papasotiriu[1], F. Levy[2]) zeigt. Wenn man, was freilich nach unseren bisherigen unvollständigen Kenntnissen über die Verbreitung der Bakterien doch einigermaßen unsicher ist, von einer Vorliebe der Colibazillen für die Ansiedlung in Fäces sprechen darf, so gilt das jedenfalls für alle tierischen Fäces, nicht nur für die menschlichen. Es ist gar nicht ausgeschlossen, daß der etwas hohe Gehalt der Wieseck oberhalb Gießens an Colibazillen auf der Zumischung von Fäcesbakterien beruht, aber — und damit komme ich auf die wichtigste Seite der Frage, darf man daraus schließen, daß das Wasser der Wieseck wirklich größere Infektionsgefahren mit sich bringe als das der Lahn? Ich würde diesen Schluß ebensowenig zulassen, wie ich ihn aus den hohen Keimzahlen ziehen würde, sondern würde mich bei meinem Urteil im wesentlichen an die Erwägungen halten, die sich aus der Kenntnis der örtlichen Verhältnisse ergeben. Von Kisskalt hören wir, daß die Wieseck ein Bach ist, der bei Gießen einen Lauf von 25 km hinter sich hat und unterwegs in mehreren Dörfern, und in manchen Jahreszeiten auch durch die Wiesenbewässerung verunreinigt wird. Von der Lahn wissen wir dagegen, daß sie eine viel größere Strecke durchlaufen und dabei die Abwässer von Städten, wie Marburg und Wetzlar ($12^1/_2$ km oberhalb) empfangen hat. Ich würde daher nicht zögern, trotz der Keimzählung und des Colititers das Wasser der Lahn (vor Gießen) für gefährlicher zu halten als das der Wieseck. Umgekehrt liegt die Sache hinter Gießen, weil die Ver-

[1] *Archiv für Hygiene.* Bd. XLI.

[2] *Ebenda.* Bd. IL.



unreinigungen, die die kleine Wieseck durch die Abwässer dieser Stadt empfängt, verhältnismäßig viel bedeutender sind, als diejenigen der größeren Lahn. Schon der Augenschein lehrt das, Keimzählung und Coliprobe bestätigen es nur.

Ebenso mehr auf ein vorgefaßtes Urteil als auf Tatsachen aufgebaut, scheinen mir die Schlüsse von Petruschky und Pusch. Wir vermissen bei ihren zahlreichen Untersuchungen jede Angabe über die hygienische Brauchbarkeit der betreffenden Wässer, über den Bau der Brunnen, die Möglichkeit äußerer Verunreinigung usw. und müssen auf Treu und Glauben die Behauptung hinnehmen, daß dieser oder jener Brunnen oder Flußteil mehr oder weniger stark mit Fäkalien verunreinigt sei, weil die oft nur einmaligen Untersuchungen einen hohen oder niedrigen Colititer gegeben haben. Das heißt schon als wirklich voraussetzen, was noch zu beweisen ist. Dabei ist ganz auffällig, wie häufig sich hohe Keimzahlen mit spärlichem Colibefund vereinigen. Das widerspricht unseren sonstigen Erfahrungen, wenn man vielleicht auch sagen darf, daß in Brunnenwässern die Keimzahl durchschnittlich weniger in Einklang steht mit dem Colititer als in Flußwässern.

Als sehr wenig empfehlenswert möchte ich dementsprechend den Vorschlag Petruschkys bezeichnen, die Coliproben anstelle der Keimzählung bei der Beurteilung von Sandfiltern zu benutzen. Wir würden damit einen recht genauen Maßstab für die reinigende Wirkung der Filter aufgeben und einen ziemlich unzuverlässigen dafür eintauschen. Das beweisen schon die Ergebnisse der Coliprobe, die Jordan[1] für das filtrierte und unfiltrierte Mississippiwasser erhalten hat, und noch sicherer die Zahlen, die in dem Gesundheitsamt von Massachusetts seit Jahren erhoben werden.

Man benutzt dort die Coliprobe regelmäßig neben der Keimzählung, um die Wirkung der künstlichen Sandfilter der Stadt Lawrence zu überwachen. Im folgenden habe ich nach den Mitteilungen in den „Annual Reports of the state board of health of Massachusetts“ in der ersten Übersicht (A) die Durchschnitte gegeben für die Jahre 1898 bis 1905. und dann (B) für die einzelnen Monate des Jahre 1904. Vom Rohwasser des Merrimakflusses wurde je 1^{ccm}, vom filtrierten Wasser je 1 und 100^{ccm} auf Coli untersucht. In manchen Monaten fanden die Proben fast täglich, in anderen nur etwa einmal wöchentlich statt. Die Keimzählungen sind die Mittel aus täglichen Untersuchungen.

[1] Siehe oben.

A.

Jahr	Häufigkeit des Colibefundes			Filterwirkung (aus den Keimzahlen berechnet)
	im Rohwasser (in 1 ccm)	im Filtrat (in 1 ccm)	im Filtrat (in 100 ccm)	
1898	98·2 Prozent	18·8 Prozent	—	1·4 Prozent
1899	99·4 „	23·3 „	—	1·0 „
1900	99·5 „	18·1 „	38·1 Prozent	0·6 „
1901	97·9 „	6·8 „	28·5 „	0·8 „
1902	99·0 „	4·0 „	8·0 „	0·7 „
1903	99·0 „	4·2 „	13·0 „	0·3 „
1904	100·0 „	8·0 „	33·4 „	0·5 „
1905	100·0 „	4·7 „	60·0 „	0·9 „

B.

Monat	Zahl der Coli in Proben	Häufigkeit des Colibefundes im Filtrat		Filterwirkung (aus den Keimzahlen berechnet)	Keimzahlen im Rohwasser
		(in 1 ccm)	(in 100 ccm)		
Januar . .	25	4·0 Prozent	48·0 Prozent	0·7 Prozent	10 100
Februar . .	24	12·5 „	38·0 „	0·8 „	7 200
März . . .	27	0·0 „	44·5 „	0·8 „	4 000
April . . .	4	0·0 „	25·0 „	0·7 „	2 700
Mai . . .	4	0·0 „	25·0 „	0·5 „	3 100
Juni . . .	5	0·0 „	60·0 „	0·4 „	5 600
Juli . . .	4	25·0 „	25·0 „	0·1 „	8 000
August . .	5	40·0 „	0·0 „	0·4 „	3 500
September .	4	0·0 „	50·0 „	0·1 „	19 400
Oktober . .	5	0·0 „	20·0 „	0·5 „	5 600
November .	19	10·6 „	36·8 „	0·6 „	15 600
Dezember .	25	4·0 „	28·0 „	0·4 „	17 900

Man sieht daraus, daß, nach den Keimzählungen zu urteilen, die Beschaffenheit des filtrierten Wassers seit 1900 eine recht günstige ist. Bei einer durchschnittlichen Keimzahl von etwa 10000 im Kubikzentimeter des Rohwassers finden sich 0·3 bis 0·9 Prozent, d. h. 30 bis 90 im filtrierten Wasser. — 1898/99 kamen öfters Störungen im Filter vor, und die Zahlen waren daher höher (1 bis 1·4 Prozent). Viel weniger leicht ist die Filterung nach den Coliproben zu beurteilen. Während die Colibazillen noch nicht einmal in allen Rohwasserproben nachweisbar waren, fanden sie sich in 1 ccm des Filtrates in 4 bis 23 Prozent der Proben, in 100 ccm des Filtrates in 8 bis 60 Prozent. Dabei waren die

Schwankungen viel erheblicher und vor allen Dingen regelloser. Namentlich die Monatsmittel zeigen das. Ganz niedrige Keimzahlen können hohen Colizahlen entsprechen und umgekehrt. Offenbar ist die Untersuchung auf Colibazillen viel größeren Zufälligkeiten unterworfen als die Keimzählung und hängt außerdem auch von der Art der Ausführung ab. Ganz anders stände die Sache, wenn man die Colibazillen durch Züchtung in festen Nährböden feststellen könnte. Die amerikanischen Gelehrten, im besonderen Jordan, betonen aber die Schwierigkeiten, die sich dabei ergeben. Danach ist nicht daran zu denken, daß bei der Beurteilung der Filterwirkung die Coliprobe die Keimzählung ersetzen könnte.

Nur in einem Punkte stimme ich mit Petruschky überein, nämlich in der Empfehlung der Coliprobe für solche Fälle, in denen man zugeschicktes Wasser zu untersuchen hat. Man bekommt mit ihrer Hilfe dann noch einen gewissen Anhalt für die Beurteilung der Reinheit des Wassers. Aber kümmerlich genug wäre es um unsere Hygiene bestellt, wenn wir uns allein auf solche Laboratoriumshilfsmittel verlassen sollten. Übrigens ändert sich schon beim 24stündigen Stehen, nach einigen Versuchen Kisskalts[1] zu schließen, auch der Colititer, aber im umgekehrten Sinne wie die Keimzahl.

Die unbefriedigenden Ergebnisse der Coliprobe haben Ejkman[2] dazu geführt, sie nicht mehr in der ursprünglichen Weise, d. h. bei der gewöhnlichen Brutschranktemperatur (37°) anzustellen, sondern bei 46° und zwar, wie auch manch anderer Forscher schon empfohlen hat, unter Beigabe von Zucker, am besten im Gärungskölbchen. Der Zweck dieser Veränderung soll der sein, eine Reihe coliähnlicher, aber nicht auf Verunreinigung mit Fäces zurückzuführender „Wasserbazillen" und auch die Fäcesbazillen der Kaltblüter auszuschließen. Ist das in der Tat ein Fortschritt oder nicht? Auch ich habe zunächst wie Ejkman und Christian[3] gefunden, daß die Colibazillen der Menschen- und Säugetierfäces zwar in der Nähe von 46° wachsen, aber andere, z. B. auch die von mir bei 37° aus je 1 Liter des Bonner Leitungswassers gezüchteten, nicht. Die beiden genannten Forscher haben dann noch die neue Probe zur Untersuchung zahlreicher Wässer verschiedenen Ursprungs benutzt und gute Ergebnisse bekommen, insofern als aus Kanal- und Flußwasser Colibazillen zu züchten waren, aus sicher nicht durch Fäkalien verunreinigten Wässern aber niemals.

---

[1] A. a. O. S. 362. Nach Freudenreich wäre bei Zimmertemperatur bald eine Zunahme bald eine Abnahme der Colibazillen zu beobachten. Jordan fand gewöhnlich keinen wesentlichen Unterschied bei Proben, die 2 Tage in Eis verpackt waren.

[2] A. a. O.

[3] *Archiv für Hygiene.* Bd. LIV.

Man muß nun aber doch verschiedene Einwände gegen die Brauchbarkeit der genannten Probe erheben. Durch die Kultur bei 46° werden zwar viele wahrscheinlich unverdächtige Bakterien ausgeschlossen, daneben aber auch eine ganze Anzahl gerade der gefährlichsten Fäcesbakterien. Überzeugte ich mich doch, daß Typhus-, Ruhr-, Pseudoruhrbazillen und andere noch näher den Colibazillen verwandte Keime auch nicht bei dieser Temperatur wachsen. Es ist daher wohl möglich, daß bei weiterem Studium auch manche echte Colibazillen sich als nicht kulturfähig bei 46° erweisen werden. Umfangreiche Beobachtungen werden uns noch darüber zu belehren haben. Schlimm genug ist es aber, daß aus Fäces gezüchtete waschechte Colibazillen bei 46° nur dann wachsen, wenn man sie in großer Menge, z. B. unmittelbar von der Reinkultur aus, verimpft. Genaue Vergleiche mit geaichten Thermometern haben mir das gezeigt. So erhielt ich in einem Versuch bei 37° noch Entwicklung, wenn ich den 10 000. Teil einer Öse Colibazillen (aus Peptonwasser) verimpfte, bei 46° nur nach Verimpfung von $^1/_{10}$ Öse. Dementsprechend ergab Rheinwasser bei 37° und Einsaat von $^1/_{1000}$ ccm noch Wachstum, bei 46° nur nach Einsaat von 1 ccm. Daraus ergibt sich eine so geringe Empfindlichkeit der Ejkmanschen Probe, daß sie ihren Wert fast verliert. Es lohnte sich festzustellen, ob man durch Wahl einer niedrigeren Temperatur diesen Übelstand ausgleichen kann. In der Tat habe ich gefunden, daß bei 43 bis 45° die Unterschiede gegenüber dem Temperaturoptimum von 37° schon sehr viel geringer sind, ja fast verschwinden. Werden sie aber auch verschwinden bei Colibazillen, die durch den Aufenthalt in Wasser oder andere Einflüsse geschwächt sind? Wählen wir übrigens solche Temperaturen, so erweitert sich natürlich wieder der Kreis der Bakterien, die überhaupt zum Wachstum kommen, und man kann um so eher jeden Tag erwarten, auch in dem einwandfreiesten Wasser, wenn man nur gründlich genug danach sucht, Keime zu finden, die auch was die „Temperaturbeständigkeit“ anlangt, allen Anforderungen der „Colibazillen“ entsprechen. Neulich glaubte ich selbst, daß mir ein solcher Fund gelungen wäre. Ich hatte Typhusbazillen in unser auf Gelatine fast keimfreies Leitungswasser gebracht, um ihre Lebensfähigkeit darin zu studieren. Im Laufe der nächsten Tage entwickelte sich auf der Lackmusmilchzuckerplatte unter anderen Bakterien auch eine Reihe von Kolonien, die Säure bildeten. Die meisten von ihnen wuchsen nicht bei 46°, obwohl sie sonst den Colibazillen ähnelten, einer erfüllte aber auch diese Bedingung. Erst in Gelatine zeigte sich allmählich eine Eigentümlichkeit, die diese Kultur von Colibazillen unterschied: sie bildete nämlich darauf eine etwas runzlige Haut. Die Empfindlichkeit der Colibazillen gegen Temperaturen, die sich 46° nähern, beschränkt aber natürlich auch

insofern den Wert der Ejkmanschen Probe sehr, als sie in der Hand verschiedener Untersucher ungleiche Ergebnisse liefern wird. Man erkennt diese Unstimmigkeit schon an den früheren, sehr abweichenden Angaben Ejkmans und Christians über die Menge des Flußwassers, bei dem die neue Probe positiv ausfällt. Schwankungen von einigen Zehnteln oder gar von halben Graden machen offenbar bei dieser Temperatur schon viel aus. Die richtige Einstellung des Brutofens ist eine Sache, die gelernt sein will, und die vor allen Dingen nicht im Handumdrehen geleistet werden kann. Schon aus diesem Grunde kann ich Ejkman nicht beistimmen, wenn er als Vorteil seiner Probe anführt, daß sie auch von nicht berufsmäßigen Bakteriologen ausgeführt werden könnte. Wir haben aber auch sonst im Laufe der Jahre wahrhaftig genug schlechte Erfahrungen gemacht mit der Übertragung bakteriologischer Untersuchungsverfahren in die Hände nicht genügend geschulter Personen. Eine handwerksmäßige Übung der Hygiene rächt sich eben immer. Hier kommen außerdem die Schwierigkeiten in Betracht, die sich ergeben, wenn man entscheiden soll, wann die Probe positiv ausgefallen ist, wann nicht. Wir haben sie oben bei der gewöhnlichen Coliprobe schon erwähnt, hier sind sie nach meiner Erfahrung eher noch größer, indem sowohl die Gasbildung wie die Trübung des Keimbodens noch nichts für das Vorhandensein der echten Colibazillen beweist, die echten Bazillen wieder nicht allein verdächtig sind und schließlich selbst deren Anwesenheit nicht einmal die Verdächtigkeit des Wassers beweist.

Wie vorsichtig man sein muß, lehrt die Angabe Ejkmans, daß Regenwässer, die von Dächern abfließen, selbst wenn sie in ziemlich kleinen Mengen (10 ccm) und nach anhaltenden und überreichlichen Niederschlägen geprüft werden, noch hitzebeständige Colibazillen zu enthalten pflegen. Der holländische Gelehrte hält das nicht für wunderbar und sucht den Ursprung der Verunreinigung in Beschmutzung der Dächer mit Vogelfäces. Das ist vielleicht richtig, aber nicht sicher. Jedenfalls werden wir dadurch auf eine Fehlerquelle hingewiesen. Wir müssen daran denken, daß wir auch über die Art und Weise, wie die nicht hitzebeständigen Colibazillen in einwandfreieste Brunnenwässer hineingelangen, — ob es durch die Brunnenöffnungen, die Pumprohre oder in langsamer Filtration durch das Erdreich hindurch geschieht, — gar nichts wissen.

Ich komme zu dem Schlusse, daß es zweifelhaft ist, ob die Coliprobe in der von Ejkman vorgeschlagenen Form einen Fortschritt darstellt, daß sie uns aber keinenfalls — ebensowenig wie die älteren Verfahren — einen absoluten Maßstab für die hygienische Brauchbarkeit eines Wassers bietet. In welcher Form die Coliprobe auch angestellt wird, stets ist sie



nicht als qualitative, sondern nur als quantitative Untersuchungsmethode zu benutzen. Als solche kann sie die übrigen Hilfsmittel der Wasserbeurteilung ergänzen, diese aber nicht ersetzen.

IV. Eine seltene Verunreinigung des Grundwassers.

Vor einer Reihe von Jahren hatte ich Gelegenheit, eine seltene Verunreinigung des Grundwassers in dem alluvialen Kies der niederrheinischen Tiefebene zu beobachten. Die Bewohner eines Dorfes, das in der Nähe einer Schwefelsäurefabrik lag, beklagten sich nämlich über eine seit einigen Jahren zunehmende Verschlechterung ihres Brunnenwassers. Es handelte sich weniger um Verderbnis des Geschmacks, als um Übelstände, die beim Kochen und Waschen mit diesem Wasser hervortraten. Äußerlich zeigte sich das Wasser normal. Als mögliche Ursache der Erscheinung wurde mir gleich mitgeteilt, daß vor mehr als 20 Jahren die Bleikammer der Schwefelsäurefabrik geplatzt, und große Mengen von Säure dabei in den Erdboden eingedrungen wären. Die Untersuchung hatte das bei der Länge der verflossenen Zeit gewiß auffällige Ergebnis, daß die verdorbenen Wässer deutlich sauer reagierten. Die Titration des eine halbe Stunde gekochten Wassers ergab denn auch in den am meisten verunreinigten Brunnen einen Säuregrad, der 1·5 bis 5·8 ccm Normalsäure oder auf Schwefelsäure berechnet bis zu 224 mg SO_3 im Liter entsprach. Durch die genauere chemische Untersuchung wurde an freier (halbgebundener) und gebundener Schwefelsäure (SO_3) bis zu 572 mg, an Salpetersäure (N_2O_5) bis zu 110 mg, an Chlor bis zu 28 mg im Liter festgestellt, während das reine Grundwasser der dortigen Gegend nur etwa je 10 bis 20 mg SO_3, Salpetersäure und Chlor enthält. Ich setze die Analysen einiger Brunnen hierher:

	I	II	III
SO_3	536 mg	560 mg	572 mg
N_2O_5	110 „	45 „	35 „
Cl	11 „	28 „	21 „
freie Säure (als SO_3)	184 „	100 „	124 „

Man darf wohl annehmen, daß fast die gesamte Schwefelsäure, ebenso ein Teil der Salpetersäure von dem Bruch der Bleikammer herrührt.

Bemerkenswert ist, daß das verunreinigte Gebiet von der Schwefelsäurefabrik durch eine etwa 1 km breite, von Säure freie Zone getrennt war und anscheinend auch keine erhebliche Breite und Länge hatte. Das Grundwasser scheint sich also dort sehr langsam zu bewegen.



Eine ähnliche Beobachtung ist mir bisher nicht bekannt geworden. Bei König (Verunreinigung der Gewässer, II, S. 487) finde ich nur einen Hinweis auf eine Untersuchung von Wolffhügel und Egger.[1] In dem betreffenden Falle war das Grundwasser durch die im Boden abgelagerten Rückstände einer Soda- und Schwefelsäurefabrik verunreinigt worden und zeigte sich noch Jahre nachher sehr reich an Schwefelsäure, aber nicht an Chlor und Salpetersäure. Von freien Säuren wird nichts berichtet.[2]

V. Die Beinflussung von Grundwasserwerken durch Hochwässer.

Nachdem ich im Jahre 1900 meine eigenen und fremde Erfahrungen über die Einwirkung der Flüsse, d. h. ihrer Hochwässer auf Grundwasserversorgungen und deren hygienische Folgen mitgeteilt hatte[3], ist mir noch oft Gelegenheit geboten worden, mich mit dieser Angelegenheit zu beschäftigen. Regelmäßig habe ich meine Beobachtung bestätigt gefunden, daß Hochwässer zwar unter den damals von mir näher besprochenen Umständen erhebliche Keimvermehrungen in den benachbarten Grundwasserwerken hervorrufen, daß aber hygienische Schäden daraus meistenteils nicht erwachsen. Das erscheint überraschend, wenn man bedenkt, daß die Keimzahlen bis in die Tausende hineingehen, daß sich die Hochwässer in vielen Flüssen jahraus jahrein mehrere Male mit denselben Erscheinungen wiederholen, und daß diese Flüsse durchaus nicht harmlos sind, sondern wie z. B. die Ruhr unterhalb Hagens i. W., ziemlich stark verunreinigt sein können. Dennoch ist es eine Tatsache, daß mindestens Typhusepidemien, die doch so häufig ihren Ursprung aus dem Wasser nehmen, bisher nicht mit Sicherheit auf solche mittelbare Einwirkungen der Hochwässer haben zurückgeführt werden können. In Dresden, wo man zuerst gründlich darauf geachtet hat, ist nichts dergleichen beobachtet worden. Ob die Typhusepidemie in Löbtau, die Hesse[4] beschreibt, auf Hochwassereinfluß zu beziehen ist, läßt sich nicht sicher sagen. Allerdings wird das Hauptwerk, insbesondere dessen einer Brunnen nach Wolfs Feststellungen[5] durch Anschwellen der Weißeritz in der bekannten Weise beeinflußt, aber außerdem bestanden zur Zeit der Typhusepidemie nach Hesse noch unmittelbare Wege für verunreinigende Zuflüsse. Man wird

[1] *1. u. 2. Bericht der Untersuchungsstation des hygien. Instituts in München.* München 1882. S. 53—59.

[2] Anm. bei der Korrektur. Aus der Abhandlung Lüdeckes über die Wasserkalamität der Stadt Breslau in der „Gesundheit" ersehe ich soeben, daß dabei außer Eisen- und Mangansulfat auch freie Schwefelsäure im Wasser aufgetreten ist.

[3] *Centralblatt für allgemeine Gesundheitspflege.* 1900. S. 113.

[4] *Diese Zeitschrift.* Bd. XXXII.

[5] Bei Renk, *Arbeiten a. d. hygien. Institut zu Dresden.* Sond.-Abdr. S. 27.



wohl eher an sie als Ursache zu denken haben. Ebensowenig wie in Dresden ist bisher ein Zusammenhang zwischen Hochwasser und Typhus festgestellt worden im niederrheinisch-westfälischen Industriebezirk, dessen nach Millionen zählende Bevölkerung fast ausschließlich von Wasserwerken des Ruhrtales versorgt wird, und dessen Gesundheitszustand nicht bloß von mir seit längeren Jahren, sondern auch von den Gesundheitsbehörden seit der Gelsenkirchener Epidemie gerade in bezug auf die Wasserversorgung mit Sorgfalt überwacht wird. Ferner kann ich für Düren, dessen Wasserwerk von der Roer in ähnlicher Weise beeinflußt wird, bestimmt jeden Zusammenhang zwischen Typhus und Hochwasser ablehnen. Es fragt sich, ob diese Regel wirklich sicher bewiesen ist, oder ob sie Ausnahmen hat. Sind die Typhusepidemien, die durch Hochwasser entstehen, vielleicht zu klein, um aufzufallen? Ich habe mir daraufhin die Typhuserkrankungen, die in Barmen in den letzten sieben Jahren vorgekommen sind, genau angesehen. Barmen eignet sich zu solchen Untersuchungen aus mehreren Gründen. Die Anmeldepflicht für Typhus wird dort in ausgezeichneter Weise erfüllt, die Typhushäufigkeit ist im allgemeinen recht niedrig, das Wasserwerk der Stadt in Volmarstein scheint von vornherein durch die nur wenige Kilometer oberhalb der Stadt in die Ruhr tretenden Abwässer Hagens mehr gefährdet als irgend ein anderes Werk an der Ruhr, und schließlich werden auch an diesem Werke die Keimzahlen seit Jahren in den einzelnen Brunnen und den Mischwässern in mustergültiger Weise festgestellt. Durch Eintragen der Typhusfälle in den Stadtplan von Barmen habe ich nun allerdings einmal einen gewissen Zusammenhang zwischen Hochwasser und Typhus ermittelt. Es handelt sich aber nur um ein ganzes Dutzend Fälle, die binnen 14 Tagen aus den verschiedensten Teilen der Stadt gemeldet worden waren, und für die sich nach den Angaben des Kreisarztes Dr. Kriege keine andere gemeinsame Ansteckungsquelle finden ließ. Darf man daraus den sicheren Schluß ziehen, daß die Hochwässer das Leitungswasser von Barmen schädlich beeinflussen, darf man daraus vor allen Dingen die praktische Folgerung ziehen und das Wasserwerk, unter dessen Benutzung die Typhussterblichkeit Barmens im letzten Jahrfünft auf weniger als 0·4 $^0/_{000}$ herabgegangen ist, als gesundheitsschädlich verwerfen? Dazu kann mich auch nicht der Umstand bewegen, daß ich bei meiner ersten Untersuchung über die Gesundheitszustände Barmens, von der ich in der früheren Arbeit berichtet habe, in dem Zeitraum vor 1900 auf zwei etwas größere, aber auch nur einige Dutzend Fälle umfassende „Epidemien“ gestoßen bin, für die ebenfalls ein Zusammenhang mit Hochwasser möglich erschien. Um so weniger lege ich Gewicht darauf, weil damals noch ein Teil des Volmarsteiner Wasserwerkes, die sogen. Inselbrunnen, die wegen ihrer niedrigen Lage und der ungenügenden Be-



festigung des umgebenden Bodens dem Hochwassereinfluß viel mehr ausgesetzt waren, als die übrigen Brunnen, in ziemlich sorglosem Betrieb gehalten wurden, was in der Folge nicht mehr geschehen ist.

Ob auch in den anderen von der Ruhr versorgten Städten sich bei näherer Untersuchung ebenso verdächtige kleine Epidemien feststellen ließen, muß unentschieden bleiben. Mehr wie in Barmen wird dabei aber kaum herauskommen.

Außer dem Typhus kommen als Infektionen, die durch Wassergenuß verbreitet werden können, noch Durchfallskrankheiten in Betracht. Aus den wichtigen Untersuchungen Meinerts für Dresden[1] wissen wir, daß sie unzweifelhaft im Gefolge der Elbhochwässer auftreten können, ja fast regelmäßig auftreten. In meiner früheren Arbeit hatte ich mir Mühe gegeben, ähnliche Beziehungen in meinem Beobachtungskreise aufzudecken. Ich kann aber nicht sagen, daß ich dabei Erfolg gehabt hätte. Es fanden sich allerdings kleine Unterschiede in der Durchfallssterblichkeit der Kinder in der Zeit vor und nach den Hochwässern. Sie waren aber nicht beständig, vor allen Dingen nicht groß genug, um sichere Schlüsse zu gestatten. Auch später ist mir auf meine Anfragen bei den Ärzten und den Kreisärzten sowohl im niederrheinisch-westfälischen Bezirke wie in Düren immer die Antwort zuteil geworden, von einer Vermehrung der Durchfälle nach Hochwässern sei nichts zu merken. Und man darf doch annehmen, daß sie, da die Hochwässer mit Vorliebe in Zeiten fallen, in denen sonst Durchfälle selten sind, unseren Ärzten ebensowenig entgehen könnten, wie den Dresdenern. Es fragt sich jetzt, beruht diese Verschiedenheit auf Unterschieden der Wasserversorgung oder auf anderen Verhältnissen, etwa einer sorgfältigeren Säuglingspflege oder geringerem Wassergenuß bei der Bevölkerung unseres Westens? Die letztere Möglichkeit hat keine Wahrscheinlichkeit für sich, die häufigen Typhusepidemien, die durch Wassergenuß im Industriebezirke entstanden sind, sprechen dagegen. Eher könnte man daran denken, daß die bessere Säuglingspflege, vor allem die weitere Ausbreitung der natürlichen Ernährung im Westen die Unterschiede erklärte. Immerhin werden auch hier genug Kinder künstlich aufgefüttert. Wenn man außerdem von Meinert hört, daß allem Anschein nach selbst die kleinen Mengen Wasser, die bei der Spülung der Gummihütchen der Milchflaschen an diesen haften bleiben, genügten, zahlreiche Infektionen zu veranlassen, so ist das ein Beweis für eine erhebliche Ansteckungsfähigkeit des Dresdener Leitungswassers zu Hoch-

[1] Vgl. außer den früheren Mitteilungen des Verf.s den Vortrag vom 11. November 1899 (*Jahresber. der Gesellschaft für Natur- u. Heilkunde zu Dresden 1899 bis 1900*), in dem die Ergebnisse einer Sammelforschung besprochen werden.



wasserzeiten. Wäre sie in unserem Bezirk in ähnlicher Weise vorhanden, so hätte sie sich doch auch trotz der geringeren Zahl der künstlich genährten Kinder bemerkbar machen müssen. Man kann freilich vorläufig nicht sagen, worauf die größere Ansteckungsfähigkeit des Dresdener Leitungswassers beruht. Sein Keimgehalt ist, soweit man das bei dem Mangel unmittelbarer Vergleiche durch denselben Beobachter behaupten darf, bei Hochwässern nicht höher als in dem Wasser der Ruhrtalversorgungen, insbesondere des Barmer Werkes. Dasselbe gilt auch für den Keimgehalt des rohen Elbwassers einerseits, des Ruhrwassers andererseits. Das Elbwasser ist anscheinend auch nicht erheblicheren Infektionsgelegenheiten ausgesetzt, als das Ruhrwasser oberhalb Barmens. Was die Anlage der Wasserwerke angeht, so bietet sie, wie aus den Beschreibungen erhellt, und wie ich aus eigener Anschauung bestätigen kann, keine merklichen Unterschiede. Vergleiche der Bodenbeschaffenheit fehlen allerdings, aber schlechter kann der Boden in Dresden kaum sein als an der Ruhr. Man könnte allenfalls aus dem Umstand, daß das Dresdener Leitungswasser bei Hochfluten Tontrübungen enthält, während das an der Ruhr nicht beobachtet wird, auf eine stärkere Verunreinigung durch mangelhaft filtriertes Flußwasser schließen, aber der Unterschied könnte auch ganz einfach daran liegen, daß das Elbwasser mehr Ton mit sich führt als das Ruhrwasser.

Wenn wir sonach das Rätsel dieser merkwürdigen Ungleichkeit nicht lösen können, so sind wir darum doch nicht berechtigt, sie zu leugnen, müssen vielmehr die Unschädlichkeit der Hochfluten in unserm Bezirk als eine durch die Erfahrung erhärtete Tatsache annehmen. Als vorsichtige Leute werden wir selbstverständlich die Einwirkung der Hochfluten auf die Wasserwerke nie aus den Augen verlieren und besonders im Hinblick auf die mit der Barmer „Typhusepidemie“ gemachten Erfahrungen unser Augenmerk darauf richten, den Einfluß des Hochwassers auf ein tunlichst geringes Maß herabzusetzen. Ehe wir die Versuche dazu besprechen, müssen wir uns über die Ursachen der durch die Flüsse bewirkten Keimvermehrungen einigen.

Von vornherein scheinen sich für die Erklärung zwei Möglichkeiten zu bieten: entweder stammen die Keime aus dem Flußwasser und gelangen in die Brunnen, weil das Hochwasser die Uferschlammschicht durchbricht und in luftgefüllte, schlecht filtrierende Bodenschichten steigt, oder sie stammen aus dem Boden selbst, indem dieser durch das von oben und von der Seite her in die luftgefüllten Poren hin einstürzende Hochwasser aufgewühlt wird. Die letztere Ansicht wurde von F. Hofmann in seinem dem Rat der Stadt Dresden erstatteten Bericht vertreten; für die erstere glaubte ich mich in meiner früheren Arbeit, ebenso wie in Dresden Renk, Schill und Meinert aussprechen zu sollen. Gleichzeitig



ist auch K. B. Lehmann[1] und später K. Wolf[2] zu demselben Ergebnis gekommen. Lehmann stützte sich, ähnlich wie ich, namentlich auf Versuche mit Prodigiosusbazillen, die in den Boden geschüttet wurden und ins Brunnenwasser durchdrangen, Wolf auf die Feststellung, daß bei Hochwasser in der Dresdener Wasserleitung durch Tierversuche ebenso Coli- und Proteusbazillen nachgewiesen werden konnten, wie in der Elbe selbst. Im Laufe der Jahre bin ich zu einer etwas anderen Auffassung gekommen. Die Bedeutung der Prodigiosusversuche ist, wenn sie, wie gewöhnlich im kleinen und nicht unter genauer Berücksichtigung der Mengenverhältnisse angestellt werden, ziemlich gering. Schließlich gibt es überhaupt kein künstliches oder natürliches Filter, das nicht auch von einzelnen Keimen durchbrochen würde. Daß von der Beweisführung Wolfs nicht allzuviel zu halten ist, folgt schon aus meinen Bemerkungen über die Bedeutung des Colibefundes im Wasser (s. o. unter III). Ich erinnere nur daran, daß Weissenfeld im einwandfreien Grundwasser gar nicht selten pathogene Colibazillen gefunden hat. Nach unseren Erfahrungen verhält es sich mit den Proteusbazillen auch nicht anders. Wolf selbst hat verschiedene Male, wenn auch lange nicht so oft wie bei Hochwasser, in normalen Zeiten die beiden Bazillenarten in der Leitung nachgewiesen. Wenn er sie nach einer kurzen Angabe auf S. 43 seiner Arbeit im Boden über den Sammelgallerien vermißt hat, so kann das an einem Zufalle gelegen haben. Über diesen wichtigen Punkt wären viel sorgfältigere Untersuchungen nötig, ehe man sich der Deutung, die Wolf seinen Versuchen gibt, anschließen könnte. Es muß ja geradezu auffällig erscheinen, daß die Bazillen in dem Boden ganz fehlen sollten, durch den sie doch bei Hochwasser in ansehnlichen Mengen hindurchgehen sollen. Im übrigen wird meines Erachtens der Kernpunkt der ganzen Frage ebensowenig wie durch die Prodigiosusversuche durch den Nachweis berührt, daß wirklich einzelne Bakterien[3], die nur aus dem Flußwasser stammen können, bei Hochwasser in das Grundwasser übergehen.

Es handelt sich vielmehr um die Feststellung, woher die Hauptmenge der Bakterien kommt oder, genauer gesagt, welcher Prozentsatz der in den Brunnen bei Hochwasser auftretenden Keime aus dem Flußwasser stammt. Durch einen Versuch im großen, der an einem sog. Anreicherungsgraben des Gelsenkirchener Wasserwerkes vorgenommen wurde[4], habe ich die

---

[1] Vier Gutachten über die Wasserversorgungsanlagen Würzburgs. *Verhandlungen der Physikal.-medizin. Gesellschaft zu Würzburg.* N. F. Bd. XXXIII. Nr. 4.

[2] Siehe oben.

[3] Wolf hat stets 100 ccm Wasser mit Pepton verarbeitet und davon 2 ccm Tieren eingespritzt.

[4] Siehe unter VIII S. 89.

Sache zu entscheiden gesucht. Es zeigte sich dabei, daß bei einem künstlich herbeigeführten sehr erheblichen Hochwasser, d. h. wohl unter Bedingungen, wie sie schlimmer kaum bei natürlichem Hochwasser vorkommen werden, nur etwa 1 Prozent der in den Graben geschütteten Prodigiosuskeime in die Brunnen durchtrat, während bei normaler Filtration der Prozentsatz weit unter 1 Promille lag. Mit anderen Worten: es kann gar keinem Zweifel mehr unterworfen sein, daß ein größerer Teil der Flußwasserkeime als sonst bei Hochwasser in die Brunnen tritt, daß diese Quelle der Verunreinigung aber auch nicht überschätzt werden darf. Woraus erklären sich nun aber die oft unverhältnismäßig hohen Keimzahlen, die wir bei Hochfluten in den Brunnen finden? Zum Teil sicher daraus, daß das Flußwasser zu diesen Zeiten nicht bloß schlechter filtriert wird, sondern auch mehr Keime enthält als gewöhnlich, zum wesentlichen Teil aber auch aus einer zweiten Ursache, nämlich einer Beimischung von Bodenbakterien. Allerdings stelle ich mir weniger vor, daß die Bakterien aus den doch mehr oder weniger keimarmen tiefen Schichten des Bodens, die vor dem Hochwasser nicht unter Wasser standen, stammen, als aus den sehr keimreichen oberflächlichen Teilen dieses Bodens sowie den stets unter Wasser gelegenen Wänden des Flußbettes selbst — wenn man will, der auf diesem niedergeschlagenen Schlammschicht. Eine dem Auge sichtbare Schlammschicht ist freilich in stark strömenden Flüssen nicht vorhanden, die oberste Schicht wird aber stets in der Umgebung von Wasserwerken, die auf natürliche Filtration von Flußwasser angewiesen sind, sehr reichlich Bakterien enthalten, weil sie wesentlich die Filtration besorgt. Der Hochwasserstrom kommt zum Teil durch das mitgeführte Geschiebe gerade mit den genannten Teilen in die innigste Berührung, rührt die daselbst massenhaft vorhandenen Bakterien auf und beladet sich so mit einer viel größeren Anzahl von Keimen, als er ursprünglich enthalten hat. Bei der oben bewiesenen mangelhaften Filterkraft des Bodens, die teils eine Folge des Luftgehaltes, teils der durch das Hochwasser bewirkten Zerreißung der Schlammschicht ist, gelangt dann ein größerer Anteil dieser Bakterien in die Brunnen. Für diese Erklärung, die von vornherein viel für sich hat, habe ich auch noch unmittelbare Belege. Zunächst kann ich auf einige Filterversuche hinweisen, die ich im Laboratorium angestellt habe.[1] Wenn ich durch ein Sandfilter zuerst rote Bazillen (Prodigiosus) abfiltrierte, dann mit reinem Wasser nachspülte und das Filter entleerte und nun den lufthaltigen Sand wieder plötzlich von oben mit Wasser beschickte, das blaue Bazillen (Violaceus) enthielt, gewissermaßen also ein künstliches Hochwasser erzeugte, dann trat,

[1] Vgl. Versuch XII, XIII, XIV unter VIII S. 78.



wie die Trübung bewies, eine Störung in der Filtration ein, das durchgelaufene Wasser enthielt aber viel mehr rote als blaue Bazillen, d. h. um im Vergleich zu bleiben, das Hochwasser ließ mehr Bakterien aus der oberen Schicht des Bodens als aus dem Flußwasser selbst durchtreten.

Wahrscheinlich sind ebenso Erfahrungen zu deuten, die an einem der Ruhrwasserwerke gemacht worden sind. Um in einer trockenen Zeit den Wasserzufluß zu den Brunnen zu verbessern, wurde der Fluß auf der ganzen Strecke, die den Brunnenanlagen entsprach, ausgebaggert. Der Erfolg ließ nicht auf sich warten und war insofern vollständig, als durch die Wegnahme der oberen Schicht im Flußbettfilter keine deutliche Keimerhöhung im filtrierten Wasser eintrat. Ein zweites Mal dachte man sich die Lösung der Frage einfacher und fuhr, anstatt den Sand auszubaggern, nur mit einer Egge über den Flußboden; rührte dae Filter also nur auf. Das Ergebnis war dieses Mal ein starker Anstieg der Keimzahl, der etwa so lange dauerte, wie die Einwirkung eines Hochwassers. Ich hege die Vermutung, daß auch hier die Hauptzahl der Keime nicht aus dem Flußwasser selbst, sondern aus der aufgerührten obersten Filterschicht stammte.

Wenn wir die hier gegebene Deutung annehmen, so erklärt sich meines Erachtens die verhältnismäßige Unschädlichkeit der durch Hochwasser veranlaßten Keimvermehrung. Etwa im Flußwasser enthaltene Typhusbazillen gelangen nicht in dem Verhältnis in die Brunnen, das dem Quotienten Brunnenwasserkeimzahl : Flußwasserkeimzahl entspricht, z. B. 1 : 10, sondern in einem viel geringeren Prozentsatz, etwa 1 : 100, wie in meinem Versuche am Anreinigungsgraben die Prodigiosusbazillen. Man könnte nun freilich voraussetzen, daß auch die Bakterien, die aus der oberen Schicht des Bodens aufgerührt und bei Hochwasser in die Brunnen mitgenommen werden, schädlich sein und z. B. Typhusbazillen enthalten könnten, die bei gewöhnlichem Wasserstande oder bei Hochwasser aus dem Flußwasser abfiltriert wären. Man hat aber allen Grund anzunehmen, daß die Typhusbazillen schneller als die saprophytischen Keime im Bodenfilter zugrunde gehen werden. Vielleicht sind die Erreger der Durchfallskrankheiten, die in der Dresdener Bevölkerung bei Hochwasser Schaden stiften, widerstandsfähiger. Schon von den Coli- und Proteusbazillen, die freilich kaum etwas mit der Ätiologie dieser Durchfälle[1] zu

[1] Soviel ich sehen kann, hat nur Wolf den Versuch gemacht, durch bakteriologische Untersuchungen an Durchfall erkrankter Kinder die Erreger zu bestimmen. Er fand nur ausnahmsweise Proteusbazillen (Bact. vulgare) und gewöhnlich Colibakterien in den Entleerungen. Selbstverständlich ist daraus gar nichts zu schließen. Man wird die Versuche mit vervollkommneter Methodik wieder aufnehmen müssen. Es wäre nicht unwahrscheinlich, daß die Erreger sich als Mit-



tun haben, darf man das annehmen. Wenn es sich also beim Vergleich der Colititer im Brunnen- und Flußwasser bei Hochfluten[1] herausstellen sollte, daß die Colibazillen anscheinend reichlicher im Brunnenwasser aufträten, als die Prodigiosusbazillen, so bewiese das noch nichts gegen unsere Auffassung der Vorgänge.

Nach dieser Darlegung der vermutlichen Ursache der durch Hochwasser bedingten Keimvermehrung kommen wir auf die Frage zurück, was man etwa dagegen tun könnte, sie zu verhüten oder wenigstens zu beschränken. Von vornherein ist klar, daß man bei fertigen Wasserwerken an eine völlige Verhütung nicht wird denken können, da man die beiden Hauptfaktoren der Bakterienvermehrung, einerseits die Hochfluten, andererseits das schlechte Filtriervermögen des Untergrundes nicht aus der Welt schaffen kann. Es ist ja nicht angängig, den „Ruhrkies", für dessen mangelhafte Filtrierfähigkeit ich später[2] noch experimentelle Belege beibringen werde, rings um die Brunnen herum etwa durch den prachtvoll filtrierenden „Rheinkies", der die Wasserwerke des Rheintales vor dem Hochwassereinfluß schützt[3], zu ersetzen. Dünne Schichten, die man mit großen Kosten in den Boden einbringen könnte, würden wahrscheinlich nicht viel nützen. Es bleiben also nur Maßnahmen übrig, die Teilerfolge zeitigen können. Dahin gehören natürlich alle Bestrebungen, die darauf gerichtet sind, die Häufigkeit und Mächtigkeit des Hochwassers zu verringern, z. B. Talsperren im Quellgebiet der Flüsse, die ja schon aus anderen Gründen jetzt vielfach angelegt werden. An Ort und Stelle kann man manchmal dadurch den Einfluß des Hochwassers beschränken, **daß man unterhalb der Wasserwerke Wehre anlegt.** So verhindert man, daß der Wasserstand unter ein gewisses Maß sinkt, beseitigt den Schaden, der sonst in trockensten Zeiten schon durch geringe Hochfluten entstehen kann, fast vollständig und mäßigt die Wirkung starken Hochwassers, da dies ja um so viel weniger steigen kann, als das Wehr den Wasserstand

glieder der Coligruppe — im weitesten Sinne — entpuppten; Aussicht, sie zu fangen hätte man aber wohl nur, wenn man nicht auf den gewöhnlichen Colibazillus, sondern etwa auf Paratyphus-, Paradysenterie- und Pseudodysenteriebazillen fahndete.

[1] Bisher fehlen darüber genügend zahlreiche Bestimmungen. Ich selbst habe den Versuch dazu nur einmal gemacht, aber, obwohl ich eine starke Erniedrigung des Colititers im Brunnenwasser feststellte, kein Ergebnis bekommen, das sich zahlenmäßig verwerten ließe. Einer Abschätzung des Filtrationswertes durch den Vergleich des Colititers stehen auch, wie wir oben unter III. sahen, große Schwierigkeiten entgegen.

[2] Vgl. unter VIII.

[3] Siehe meine Arbeit von 1900.



gehoben hat. Diese Voraussetzung scheint sich durch die Anlage des Wehres am Barmer Werk und auch an anderen Stellen der Ruhr bestätigt zu haben.

Sehr nützlich ist es, einzelne Brunnen oder Filtergallerien, die bei Hochwasser besonders leiden, aus dem Betrieb zeitweilig auszuschalten. Es sind das gewöhnlich diejenigen Teile, die am tiefsten und dem Flusse am nächsten liegen, oder wo die Bodenbeschaffenheit und Uferbefestigung besonders mangelhaft ist, weil hier das Hochwasser dem Bodenfilter am stärksten zusetzt. Wo es sich darum handelt, neue Brunnen anzulegen, wird man natürlich diesen Verhältnissen von vornherein Rechnung tragen, namentlich auch die Entfernung vom Fluß so groß wählen, wie möglich. Neuerdings hat man statt der früher üblichen 10 bis 30 ^{m} 50 bis 100 ^{m} verlangt und damit den Einfluß des Hochwassers verringert, aber nicht beseitigt. Die Ausdehnung der Kieslager in den Flußtälern und andere Gesichtspunkte machen es nicht möglich, die Ansprüche des Hygienikers in dieser Beziehung beliebig zu steigern. Nicht überall sind die Verhältnisse so günstig wie am Essener Werk, wo die Filtergallerien bis auf 200 ^{m} weit vom Flusse verlegt werden konnten, und in der Tat der üble Einfluß des Hochwassers sich in geringerem Maße bemerkbar macht, als überall sonst an der Ruhr.[1]

Hier und da kann man durch Hochwasserdämme, Aufhöhung des Geländes, Abpflasterung des Ufers, Aufbringen einer Lehm- und Rasenschicht die Verhältnisse an solchen schwachen Stellen erheblich bessern, d. h. die Keimzahlen herabdrücken. Mit beiden Arten von Maßnahmen hat man beispielsweise wieder am Barmer Werke Erfolg gehabt. Die Bedingungen liegen hier auch so günstig, daß man bis zu einem gewissen Grade imstande wäre, noch eine weitere Forderung zu erfüllen, nämlich eine wesentliche Einschränkung des Betriebes auf dem ganzen dem Hochwassereinfluß unterliegenden Wasserwerksgebiete. Es liegt in der Natur der Dinge, daß im allgemeinen davon nicht die Rede sein kann, weil die nötige Wassermenge eben nicht auf andere Weise beschafft werden kann. Barmen verfügt aber über stattliche Reserven in seiner Talsperre. Wenn neue Einrichtungen (Filter[2] und Fallrohre) geschaffen würden, um die zum Ersatz gebrauchten Wassermengen in Hochwasserzeiten von der Sperre zur Stadt zu führen,

[1] Siehe meine frühere Arbeit.

[2] Die sämtlichen Filter müßten natürlich schon in gewöhnlichen Zeiten betrieben werden, da sie nicht plötzlich angesetzt werden können, aber einer schnellen Steigerung ihrer Leistung, z. B. auf das Doppelte, würden sie bei der Güte des Rohwassers in der Sperre (vgl. VII.) völlig gewachsen sein.



so könnte man den Betrieb im Ruhrwasserwerk während der kritischen Zeit ganz erheblich einschränken. Das hätte einen doppelten Vorteil. Erstens würde das keimreichere Wasser, das von der Ruhr kommt, durch das keimarme Sperrwasser verdünnt werden, zweitens aber auch das von der Ruhr her gepumpte Wasser selbst keimärmer sein als bisher. Denn man wäre entweder in der Lage, die eine Hälfte des Werkes, die dem Hochwassereinfluß stärker unterliegt, ganz stillzustellen oder aber überall die Brunnen weniger in Anspruch zu nehmen, d. h. geringer abzusenken. Theoretisch scheint es keinem Zweifel zu unterliegen, daß die Zahl der bei Hochwasser durch das Bodenfilter durchtretenden Keime um so größer sein muß, je größer die Filtergeschwindigkeit. Sehr groß ist der Unterschied in Wirklichkeit freilich nicht, beobachtet man doch selbst in den völlig stillgelegten Brunnen bei Hochwasser die bekannte Keimvermehrung.

Alles in allem genommen erzielt man bestenfalls durch die hier angegebenen Maßregeln[1] nur eine Minderung der Gefahr, keine vollständige Sicherung gegen etwaige bedrohliche Folgen des Hochwassers. Je nachdem man die Höhe der Gefahr einschätzt, wird man zu verschiedenen Schlußfolgerungen gelangen. Was unsere westlichen Wasserwerke betrifft, so haben wir Hygieniker keinen Grund, die Ängstlichkeit so weit zu treiben, daß wir etwa die vom Hochwasser beeinflußten Wasserversorgungen in Bausch und Bogen verwürfen. Das würde uns auch wenig nützen, da wir, selbst wenn wir die Geldfrage, die doch in erster Linie mitzusprechen hat, ganz beiseite ließen, kaum etwas Besseres an die Stelle zu setzen hätten. Für den Ruhrbezirk kämen hier eigentlich nur statt der natürlich filtrierten Flußwässer künstlich filtrierte in Betracht, und man wird uns nicht einreden wollen, daß wir mit deren Einführung einen Fortschritt machten.

VI. Die künstliche Beschaffung von Grundwasser.

Die offenbaren Vorzüge des Grundwassers einerseits und die Schwierigkeit, es in genügender Menge zu beschaffen, andererseits haben schon seit längerer Zeit Bestrebungen gezeitigt, den uns von der Natur gebotenen Bestand des Grundwassers künstlich zu vermehren. In erster Linie erfüllen diesen Zweck die Wasserwerke, die an den Ufern der Flüsse errichtet, aus diesen vermittelst „natürlicher Filtration“, d. h. durch das Flußufer und -bett hindurch, ihr Wasser beziehen. Mehr oder weniger

[1] Die Entlüftung der Brunnen, auf die F. Hofmann in seinem Gutachten besonderen Wert gelegt, hat, wie nach meiner Auffassung von vornherein zu erwarten stand, nicht den gewünschten Erfolg gehabt.



rechnen auf diesen Wasserbezug die meisten Grundwasserwerke, z. B. fast alle im unteren Rheintal errichteten; beinahe ausschließlich darauf angewiesen sind die Werke, die in großer Zahl im Ruhrtal errichtet sind und den rheinisch-westfälischen Industriebezirk mit seiner nach Millionen zählenden Bevölkerung versorgen. Im großen und ganzen ist das „natürlich filtrierte" Flußwasser recht brauchbar: was zunächst seine Temperatur anbetrifft, so pflegt sie allerdings im Sommer etwas höher, im Winter etwas niedriger zu sein, als die „echter" Grundwässer, aber schwankt doch nicht so erheblich wie im künstlich durch Sand filtrierten Flußwasser. Je nach der Entfernung der Brunnen oder Filtergallerien von dem Flusse und der Schnelligkeit der Filtration wird man natürlich die Temperaturverhältnisse denen echter Grundwässer am ähnlichsten gestalten können. Das in dieser Beziehung am meisten begünstigte Wasserwerk des Ruhrtales, das von Thiem[1] gebaute Essener, zeigte z. B. im Jahre 1898 folgende Temperaturen in der Ruhr und im Saugbecken der Pumpstation:

	Ruhr	Pumpstation
Januar	2·5— 9 °	7 — 8·5 °
Februar	2·5— 6·5	5 — 7
März	3 — 7	5·5— 7
April	6 —12	7 — 8
Mai	8·5—13	8 —11
Juni	10 —19	9 —11
Juli	13 —19	8·5—13·5
August	13·5—22·5	13 —13·5
September	11·5—21	13 —14
Oktober	9·5—14	12 —13·5
November	5·5—12	10·5—12·5
Dezember	2·5— 9	8 —11

Im natürlich filtrierten Flußwasser schwankten also die Temperaturen im Laufe des Jahres nur von 5 bis 14°, im Flußwasser selbst von 2·5 bis 22·5°, wie man zugeben wird, ein erheblicher Unterschied. Das Aussehen des Wassers ist natürlich ebenfalls ausgezeichnet, selbst in den Brunnen, die unmittelbar am Flusse gelegen sind. Die Keimzahlen sind im allgemeinen ebenfalls einwandfrei, nur unterliegen sie, wie wir im vorigen Abschnitt sahen, im Ruhrtal und anderwärts bei Hochwasser periodischen Schwankungen, auch dann, wenn das Gelände selbst nicht vom Flusse überschwemmt wird, und wenn die Gallerien, wie die des Essener

[1] *Vierteljahresschrift für öffentl. Gesundheitspflege.* 1897. S. 24.



Werks, zum Teil 200 m von dem Flusse entfernt sind. Daß unter Umständen der Einfluß des Hochwassers schädliche Folgen haben kann, sahen wir am Dresdner Wasserwerk. Sonst waren aber Schädlichkeiten kaum nachzuweisen; ganz fehlen sie, wie die Keimerhöhungen selbst, in Flußtälern, deren Untergrund die vorzüglich filtrierende Eigenschaft des Rheinkieses besitzt.

Die natürliche Filtration bringt — wie die künstliche durch Sand — den Nachteil mit sich, daß mit der Zeit das Filter sich durch den vom Flußwasser mitgeführten Schlamm verstopft und dadurch undurchlässig wird, doch geschieht das im allgemeinen erst in längeren Zeiträumen, weil man, durch schlechte Erfahrungen bei älteren Anlagen gewitzigt, jetzt die natürlichen Filter nicht so stark zu beanspruchen pflegt[1] wie die künstlichen Filter und weil die Natur selbst schon durch die gewöhnliche Strömung im Flusse die Verschlammung der Filter erschwert und vor allen Dingen auch durch die Hochfluten die periodische Reinigung der Filter besorgt.

So erklärt es sich, daß z. B. die Wasserwerke des Ruhrtales ihre Anlagen zum Teil seit Jahrzehnten benutzen, ohne daß mit Sicherheit eine Abnahme ihrer Leistungsfähigkeit wahrzunehmen wäre. Schwierigkeiten können allerdings entstehen in Zeiten außergewöhnlich niedrigen Wasserstandes, oder wenn die Hochwässer zufälligerweise einmal zu lange ausbleiben oder schließlich bei gewöhnlichem Wasserstande, wenn plötzlich Frost eintritt. Wie dieser letztere Einfluß zustande kommt, verdiente noch näher untersucht zu werden. Ein Zufrieren des Flusses ist dazu keineswegs nötig, die Poren des Filters können also nicht durch den Frost verstopft werden. Möglicherweise trägt daran die starke Erhöhung der Reibung des Wassers im Boden bei Temperaturen, die an 0° heranreichen, die Schuld. Jedenfalls ist nach zahlreichen Beobachtungen nicht zu bezweifeln, daß gerade der Frost die Wasserwerke des Ruhrtales gelegentlich geradezu in Not bringt. Hilfe dagegen müssen die Einrichtungen bringen, die weiter unten besprochen werden sollen.

[1] Eine Berechnung der Filtergeschwindigkeit, die in den einzelnen Werken angewandt wird, ist nicht ganz leicht auszuführen. Man kann sich aber ungefähr in folgender Weise ein Bild davon machen. Das Wasserwerk für das nördliche westfälische Kohlenrevier (Gelsenkirchen) hat in Steele seine Anlagen zu beiden Seiten der Ruhr ungefähr auf eine Strecke von 2 km ausgedehnt. Nimmt man die durchschnittliche Breite des Flusses auf 100 m an, so stünde allein auf dieser Strecke eine Filterfläche von 200 000 qm zur Verfügung. 60 000 cbm werden täglich durchgepumpt, d. h. 0·3 cbm auf 1 qm. Das bedeutet eine Filtergeschwindigkeit von durchschnittlich 300 mm täglich oder 12½ mm stündlich. Im Essener Werk ist die Geschwindigkeit noch eine viel geringere.



Nicht überall hat man Flüsse zur Verfügung, die ohne weiteres dazu geeignet sind, natürlich filtriertes Wasser in genügender Menge zu liefern. Teilweise fließen sie in zu undurchlässigen Betten, teilweise sind die zu einer reichlichen Versorgung nötigen Uferstrecken nicht zu erhalten, teilweise endlich machen niedrige Wasserstände die sonst vielleicht ausreichenden Anlagen zu unergiebig. In vielen Fällen kann man sich trotzdem helfen und auf künstlichem Wege Grundwasser beschaffen, wenn man nur über einen Grund und Boden verfügt, der aus filtrierfähigem Material, d. h. Sand oder Kies, in ausreichender horizontaler und vertikaler Ausdehnung besteht. Man braucht dann nur in dieses hinein Oberflächenwasser beliebigen Ursprungs, d. h. aus Bächen, Flüssen oder Seen, zu leiten und durch Brunnen das hindurchfiltrierte Wasser wieder herauszuschöpfen. Die Zuleitung kann in zweierlei Form geschehen, entweder durch Berieselung des Geländes oder durch Anreicherungsgräben und -Becken, die man in das Gelände hineinlegt.

Was zunächst die Berieselung angeht, so ist das ein naheliegendes Verfahren, das anscheinend von jeher in kleinen Grundwasserwerken zu Zeiten des Wassermangels angewandt worden ist. Der Bach oder Fluß, an dem die Brunnen liegen, kann im Hochsommer noch so kümmerlich fließen, so viel Wasser führt er im allgemeinen doch noch mit sich, um zur Berieselung des die Brunnen umgebenden Geländes zu dienen und damit diesen das nötige Wasser zuzuführen. Es fragt sich, was wir Hygieniker von diesem Verfahren zu halten haben. Die Antwort darauf kann kaum zweifelhaft sein: ich kenne selbst zwei Typhusepidemien, die wahrscheinlich durch Berieselung mit Bachwasser entstanden sind, die erste (1897) in Wald[1], die zweite (1900) in Remscheid.[2] In beiden Fällen lagen die Verhältnisse sehr ähnlich: das wegen Wassernot berieselte Gelände war zwar durch Rasen und eine ziemlich dicke Lehmschicht anscheinend gut geschützt, offenbar war die Decke aber vielfach undicht, sonst hätte ja die Berieselung den Wassermangel nicht beseitigen können. Die darunter liegende nur wenige Meter dicke Schicht von lehmigem Geröll, die in ihrer Beschaffenheit dem Ruhrkies ähnelte, war ebenfalls nicht imstande, das Bachwasser von Typhusbazillen zu befreien. Selbstverständlich brauchen die Dinge nicht überall so ungünstig zu liegen. Ich kenne z. B. kleine Wasserwerke in abgelegenen Teilen der Eifel und des Westerwaldes, die ohne jede Gefahr das spärlich gebildete Grund-

[1] **Kruse**, Typhusepidemien und Trinkwasser. *Centralblatt f. allgem. Gesundheitspflege.* 1900. S. 37.

[2] **Kruse**, Hygienische Beurteilung des Talsperrenwassers. *Ebenda.* 1901. S. 149.



wasser durch Berieselung mit Bachwasser vermehren. In anderen Fällen z. B. in Ronsdorf und Solingen wird das hygienisch schon recht einwandfreie Rohwasser aus Talsperren durch Berieselung noch weiter gereinigt, oder man benutzt, wie jetzt in Remscheid, zwar nicht ganz unverdächtiges Bachwasser zur Berieselung, verwendet es aber erst zur Wasserversorgung, nachdem es noch eine regelrechte Filtration durch Sand durchgemacht. Die ungeeignete Beschaffenheit der Bodenfilter hat man in diesen Fällen dadurch zu verbessern gesucht, daß man in die Sickergallerien eine Art künstlichen Sandfilters in den Boden verlegte. Die Erfolge sind gut, was die Klärung des Wassers anlangt, nicht ganz so befriedigend bezüglich der Keimzahlen.[1] Immerhin finde ich z. B. auf den Remscheider Rieselwiesen[2] im Durchschnitt von 28 Keimzählungen im Januar 1906 auf 699 Keime im Rohwasser nur 105 im filtrierten Wasser.

Besser werden unzweifelhaft die Ergebnisse, wenn man statt der Berieselung zur Schaffung künstlichen Grundwassers Anreicherungsgräben oder -Becken benutzt, weil man es dann in der Hand hat, das Rohwasser durch beliebig lange Strecken Boden und mit beliebiger Geschwindigkeit hindurchzufiltern. Freilich ist man im allgemeinen gezwungen, die in den Boden gelegten Filter ähnlich wie die künstlichen Sandfilter von Zeit zu Zeit zu reinigen. Geradezu glänzend ist das Erreichte bei dem 1898 in Betrieb genommenen Wasserwerk der Stadt Gothenburg in Schweden, das Richert[3] in einer äußerst lesenswerten Abhandlung beschreibt. Es bestehen hier eigenartige hydrologische Wasser- und Bodenverhältnisse. Der Fluß Göte-elf läßt sich nicht unmittelbar zur natürlichen Wasserfiltration heranziehen, weil er in einem Tonlager fließt. Unter dem Ton lagert eine ziemlich mächtige Sandschicht, die angebohrt artesisches Wasser von guter Beschaffenheit, aber in zu geringen Mengen ergab. Sollte es zur Versorgung der Stadt benutzt werden, so mußte es angereichert werden. Die Gelegenheit dazu bot sich insofern, als das Sandlager an einzelnen Stellen des Talabhangs in Form von Sandgruben zutage tritt. In der Tat stellte man fest, daß wenn Flußwasser in diese Gruben hinaufgepumpt wurde, die unterhalb angelegten artesischen Brunnen jetzt Wasser in großen Mengen und mit

[1] Vgl. auch Kolkwitz u. Thiesing, Chemisch-biolog. Untersuchungen über die Verwendung der Rieselwässer zur Reinigung des Talsperrenwassers in dem 5. Heft der *Mitteilungen der Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung u. Abwasserbesichtigung* 1904.

[2] Vgl. Sand- und Kieselfilteranlage, sowie Berieselungsanlage im Tentetale für das Wasserwerk der Stadt Remscheid. *Bericht für 1906.*

[3] *Les eaux souterraines artificielles.* Stockholm 1900.



den Eigenschaften eines vorzüglichen Grundwassers[1] lieferten. Daraufhin baute man die jetzt bestehenden Anlagen mit 2 Becken und 20 Brunnen. Die beiden Anreicherungsbecken, die in die erwähnten Kiesgruben hineingelegt worden sind, haben zusammen 5000 qm Fläche, liegen 200 m von den Brunnen entfernt und werden täglich mit 6500 cbm gespeist, was einer Filtriergeschwindigkeit von 1300 mm (am Filter selbst) entspricht. Im Laufe von 2 bis 3 Monaten steigt der ursprüngliche Druckverlust im Filter von 150 auf 700 bis 1000 mm, worauf die Reinigung stattfindet. Der Druckverlust im Untergrund selbst beträgt nur 500 mm.

Hier und da bestehen ähnliche Anlagen in kleinerem Maßstabe auch bei uns; in Zeiten der Wassernot hat man sie schon früher im Ruhrtale in mehr oder weniger vorsichtiger Weise ausgeführt, um Brunnen anzureichern, in größerem Umfange und in vollkommener Form sind Anreicherungsgräben aber erst seit 1900 an mehreren Werken des Ruhrtales angelegt worden. Am imposantesten ist der Anreicherungsgraben des Bochumer Wasserwerkes. Er ist 600 m lang, am oberen Rande 20 m breit und 4·5 m tief, beginnt an der Ruhr oberhalb der alten Brunnengallerie, läuft dann 100 m von dieser entfernt parallel mit ihr und der Ruhr durch das Gelände hindurch und mündet unterhalb der Gallerie wieder in die Ruhr. Landeinwärts von dem Graben ist in 50 m Abstand von ihm eine neue Reihe von Brunnen angelegt. Ursprünglich hatte man beabsichtigt, durch diesen Graben gewissermaßen wie durch einen natürlichen Flußarm die Ruhr in gleichmäßig starkem Strom hindurchzugeleiten und dadurch der alten und neuen Brunnengalerie Wasser zuzuführen. Schleusen, die oberhalb und unterhalb angebracht waren, sollten aber dazu dienen, den Hochwassereinfluß möglichst auszuschalten und eine Reinigung des Grabens zu ermöglichen. Erwägungen und Umstände, auf die ich hier nicht näher eingehen will, haben dazu geführt, die Schleußen zu beseitigen und die alte Gallerie auszuschalten. Die Wassermengen, die durch den Graben den neuen Brunnen zuströmen, werden auf 12000 bis 15000 cbm geschätzt, die Beschaffenheit des natürlich filtrierten Wassers ist eine gute. Über die Filtrationsversuche, die nach der Eröffnung des Grabens von mir an demselben angestellt worden sind, berichte ich später (s. u. VIII S. 157). Sie haben zuerst den Beweis geliefert, daß die Filtrationsfähigkeit des gewachsenen Bodens im Ruhrtal, des sogen. Ruhrkieses, an sich recht gering ist, aber durch den Filterbetrieb selbst zu befriedigender Höhe gesteigert wird.

Kleiner und auf periodischen Betrieb eingerichtet sind die Anreicherungsgräben, die das Wasserwerk für das nördliche westfälische

[1] Temperatur 8 bis 10°, Keimzahl fast 0.

Kohlenrevier in Gelsenkirchen auf ihren beiden Pumpstationen in Steele und Witten seit 1902 ausgeführt hat. In Steele sind es vier Gräben mit zusammen etwa 15000 qm, in Witten neun Gräben mit mehr als 30000 qm Filterfläche. Die Gräben stehen an einem oder beiden Enden durch verschließbare Rohre mit der Ruhr in Verbindung und sind auf einer oder beiden Längsseiten in einer Entfernung von 50 m von Brunnengallerien umgeben (vgl. den Plan des Wittener Werkes). Sie sind so flach angelegt, daß sie bei Abschluß der Schieber leer gepumpt werden, also leicht gereinigt werden können. Früher wurde dabei einfach die Schlammschicht benutzt, die sich auf dem anstehenden Kies absetzt, neuerdings geht man dazu über, alle Gräben mit einer 30 cm dicken Schicht Filtersand zu bedecken. Nach der Reinigung wird der Graben ganz langsam

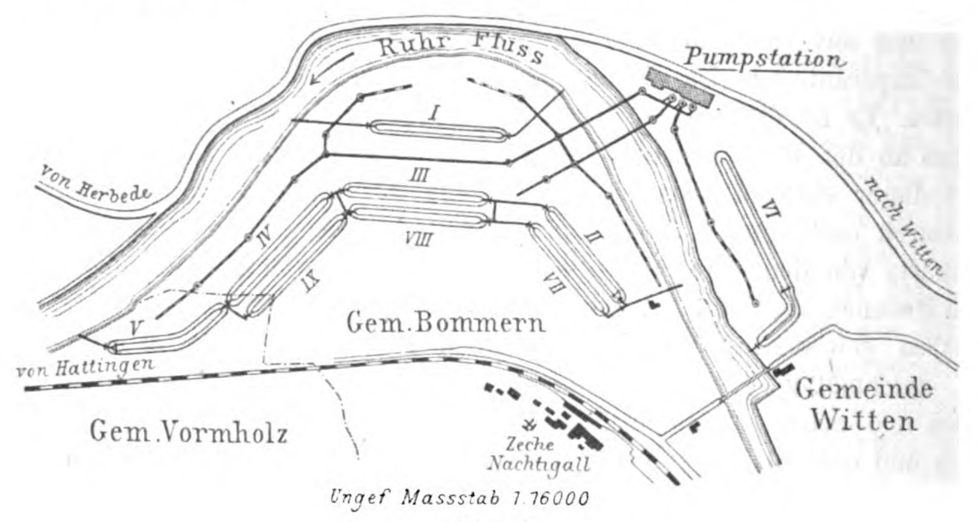


Fig. 2.

soweit gefüllt, daß die Filtergeschwindigkeit etwa 100 mm stündlich erreicht, und dabei bleibt man stehen. Ursprünglich waren die Anlagen gedacht als Reserven für den Fall, daß Wassermangel in den am Fluß liegenden Galerien eintrat, allmählich ist man aber, namentlich im Wittener Werk dazu übergegangen, die Filtergräben regelmäßig zu benutzen. Die letzteren geben hier offenbar schon den größten Teil des Wassers her. Wie man sieht, handelt es sich hier also im Grunde um künstliche Flußwasserfilter, die ganz und gar im Boden stecken. Die Vorteile, die dieses System hat, sind aber nicht zu leugnen. Erstens arbeitet es viel billiger, zweitens liefert es Wasser von durchschnittlich besserer Beschaffenheit als ein Werk mit künstlichen Sandfiltern, denn die Wassertemperatur ist immer um einige Grade günstiger und die Keimzahl mindestens ebenso niedrig. Die regelmäßigen Keimzählungen zeigen das, ja die

Prodigiosusversuche, die wir an einigen dieser Gräben angestellt, liefern sogar den Beweis, daß in den mit Filtersand ausgekleideten Gräben Filtrationswirkungen (1 : 8000) erzielt werden, wie sie in künstlichen Sandfiltern wohl kaum vorkommen (s. u. VIII). Ein entschiedener Vorteil besteht weiter darin, daß diese natürlichen Bodenfilter gefährlichen Störungen doch lange nicht so unterliegen, wie die künstlichen Sandfilter, einfach deswegen natürlich, weil sie eine 50 m dicke, an sich schon filtrationsfähige Unterlage haben.

Vielleicht hat das sogar Geltung für den Einfluß der Hochwässer. Obwohl künstliche Sandfilter ja natürlich hochwasserfrei angelegt werden, sind sie doch durch die Veränderung der Wasserbeschaffenheit seiner Wirkung ebenfalls ausgesetzt und es fragt sich, ob die hierdurch verursachten Gefahren nicht größer sind, als die Keimerhöhungen, die wir bei Hochfluten im Bodenfilter beobachten. Daß diese Keimerhöhungen nicht die hygienisch bedenkliche Bedeutung haben, die man ihnen von vornherein wohl zumutete, dafür hat uns gerade ein Versuch, den wir an einem Anreicherungsgraben unternommen haben, Zeugnis gegeben.[1]

Ich bin der Überzeugung, daß Anreicherungsgräben nach Art der von dem Gelsenkirchener Werk angelegten, im Ruhrtal und auch sonst in geeignetem Boden eine große Zukunft haben.

VII. Selbstreinigung des Wassers, insbesondere in Flüssen und Talsperren.

Nachdem ich die hygienische Seite der Verunreinigung und Selbstreinigung der Gewässer vor noch nicht langer Zeit in verschiedenen Aufsätzen[2] behandelt habe, beabsichtige ich hier nicht noch einmal darauf im Zusammenhange einzugehen, sondern werde nur einige Punkte berühren, die durch spätere Untersuchungen in besseres Licht gesetzt worden sind. Sie betreffen in erster Linie die bakteriologische Selbstreinigung, die Methode zu ihrem Nachweis und ihre Ursachen. Die Bakterien der Gewässer interessieren uns Hygieniker im wesentlichen nur insofern, als sie selbst Krankheitserreger sind oder ihre Anwesenheit auf die Anwesenheit von Krankheitserregern schließen läßt. Selbst wenn es wahr wäre, was neuer-

[1] Siehe oben (V) und unter VIII S. 89.

[2] Über Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. *Centralbl. f. allgem. Gesundheitspflege.* 1899. S. 1. — Die Abwasserfrage. *Ebenda.* 1902. S. 1. — Hygienische Beurteilung des Talsperrenwassers. *Ebenda.* 1901. S. 145.



dings wieder einige Forscher (Spitta, Brezina) behaupten, daß die Bakterien sich erheblich an der chemischen Selbstreinigung beteiligten, indem sie leicht zersetzliche organische Stoffe zerlegten, würde das ziemlich gleichgültig für uns sein, weil diese organischen Stoffe im allgemeinen keine hygienische Bedeutung haben.

Obgleich zugegeben werden kann, daß die Verfahren zum Nachweis der Krankheitserreger im Wasser in der jüngsten Zeit verbessert worden sind, und jetzt eine Anzahl von sicheren Befunden im Wasser vorliegt, so bilden solche Befunde doch immer nur Ausnahmefälle; nur unter besonders günstigen Bedingungen werden wir sie erwarten, jedenfalls aus Mißerfolgen unserer Bemühungen keinen Schluß ziehen dürfen. Damit sind wir natürlich im allgemeinen des einzigen unmittelbar zum Ziele führenden Verfahrens beraubt, um infektiöse Wasserverunreinigungen und die Selbstreinigung der Gewässer von ihnen festzustellen. Mittelbar erschließen können wir beides allerdings auf verschiedenen Wegen. Der erste Weg ist der, daß wir die Schädlichkeit oder Unschädlichkeit des Wassers in wechselnden Zeiten nach der Verunreinigung nachweisen. Leider sind wir dabei nur auf die Beobachtungen am Menschen, und zwar die zufällig bei Epidemien sich uns bietenden, angewiesen. Es ist bekannt, daß diese Beobachtungen vielfach mit Mängeln behaftet sind, nicht deswegen, weil etwa der Zusammenhang der Erkrankungen mit dem Wassergenuß gewöhnlich zweifelhaft wäre, sondern weil wir über die Art und die Zeit der infektiösen Verunreinigung nicht genügend unterrichtet sind.[1] So können wir denn auch nicht bestimmt sagen, welche Zeit und welche Bedingungen dazu gehören, damit sich ein Gewässer soweit von Typhusbazillen reinigt, daß es nicht mehr fähig ist, eine Ansteckung zu vermitteln. Wir haben aber doch einige Beispiele, die uns wenigstens beweisen, daß wir nicht mit einer allzu schnellen Selbstreinigung zu rechnen haben. Das wichtigste entnehmen wir den Erfahrungen über die Pariser Typhusepidemien von 1894 und 1899.[2] Sie beweisen, daß ein auf unbekannte Weise, aber doch wahrscheinlich nicht in außergewöhnlichem Umfange mit Typhusbazillen verunreinigtes, übrigens auch sonst ziemlich stark keimhaltiges Wasser (die Vanne) nach einem Laufe von mehr als 140^{km}, der mindestens $1^1/_2$ Tage in Anspruch genommen hat, noch schwere Epidemien hervorrufen kann. Freilich strömte das Wasser im geschlossenen

[1] Vgl. z. B. meine Arbeiten über „Typhusepidemien u. Trinkwasser". *Centralblatt f. allgem. Gesundheitspflege.* 1900. S. 45 und „Für oder wider Pettenkofer". *Ebenda.* 1906. S. 283 ff.

[2] A. a. O. Siehe die ausführliche Darstellung bei A. Gärtner, Die Quellen in ihren Beziehungen zum Grundwasser. 1902. *Klin. Jahrb.* Bd. IX.



Rohr, war also dem Einflusse der freien Luft und des Lichtes entzogen; aber wird man darauf allzuviel geben können? Sollten die Lebensbedingungen für die Typhusbazillen in tiefen Flüssen, zumal an bewölkten Tagen, wirklich wesentlich günstiger sein?

Soviel ist sicher, daß wir an einem Wasserlaufe, den wir der Ansteckung für verdächtig halten, mit weit geringeren Entfernungen und kürzerer Zeit zu rechnen pflegen. Nehmen wir aber erst eine Strecke von 140 ^{km} zu Hilfe, so hätten wir z. B. bei der bekannten Gelsenkirchner Epidemie das Ruhrwasser bis zu seinen Quellen hinauf für verdächtig halten können. Man hat das nicht getan, schon aus dem einfachen Grunde, weil sich, wie es in dicht bevölkerten Gegenden die Regel ist, nähere Ansteckungsgelegenheiten dem unbefangenen Auge aufdrängten. Ein anderes Beispiel, daß uns die Unvollkommenheit der Selbstreinigung noch deutlicher zeigt, entnehme ich den in Lawrence gemachten Erfahrungen.[1] Vor 1893 wurde die Stadt mit dem Merrimakflußwasser versorgt, das aber erst einer etwa 14 tägigen Selbstreinigung in einem großen Becken unterworfen wurde. Die Keimzahlen gingen dabei von mehreren Tausenden auf ebensoviele Hunderte (1—400) und in dem Leitungsrohrnetz noch weiter herab. Trotzdem herrschte in der Stadt viel Typhus, der nur durch die Wasserverunreinigung zu erklären war. Mit der Einrichtung der Sandfilter, die 1893 stattfand, und ihrer späteren Vervollkommnung sank die Typhuskurve sofort und auf die Dauer herab. Also hatten die Typhusbazillen im infektionstüchtigen Zustande einen mindestens 14 tägigen Aufenthalt im Wasser ausgehalten.

So belehrend diese Beispiele sind, so sagen sie uns natürlich noch nicht genug, weil wir die Menge der Bazillen, die in die betreffenden Quellen und Flüsse hinein geraten waren, nicht kennen und nicht wissen, wieviel von ihnen infektionstüchtig geblieben sind. Diese Lücken unseres Wissens lassen sich nur bis zu einem gewissen Grade durch Laboratoriumversuche ausfüllen, da wir in ihnen die in der Natur vorliegenden Bedingungen kaum herstellen können. Den besten Beweis dafür liefert die bekannte Tatsache, daß wir nur selten im Reagensglas oder ähnlichen kleinen Gefäßen die Vermehrung der Wasserbakterien, die in der Natur regelmäßig ausbleibt, verhindern können. Wir bekommen also schon dadurch ganz andere Verhältnisse, werden demnach die erhaltenen Ergebnisse mit Vorsicht betrachten müssen. Auf die älteren Versuche im einzelnen einzugehen, verzichte ich hier und erwähne nur, daß sie übereinstimmend den Satz ergeben haben, daß die Krankheitserreger (Cholera, Typhus)

[1] *23. annual report of the state board of health of Massach.* p. 602 u. 632. — *25. report.* p. 557.



im keimhaltigen Wasser sich niemals vermehren, sondern nur langsamer oder schneller daraus verschwinden. Immerhin sind sie tagelang, in kleinsten Mengen sogar Wochen lang noch nachweisbar. So fand ich selbst[1], daß die Cholerabazillen aus 20 Wässern verschiedenen Ursprungs bei nicht zu kleinen Einsaaten nach 1—10 Wochen herauszuzüchten waren. Einzelne Wässer erhielten aber selbst kleinste Einsaaten — 5000 bis 500000 Bazillen auf 400 ccm — 1 bis 5 Wochen lang lebensfähig. Mit Typhusbazillen hat man im allgemeinen schlechtere Ergebnisse gehabt, weil sie schwerer nachweisbar sind, sie aber doch gelegentlich selbst nach 4 Wochen im Aquariumwasser, nach 8 Wochen im Aquariumschlamm wiedergefunden. Interessant ist die allerdings nur auf wenige Beobachtungen gestützte Mitteilung Korschuns[2], daß Typhusbazillen im Münchener Leitungswasser, wenn sie in einer Menge von etwa 200 Millionen bis zu 200000 Keimen[3] in 100 ccm eingesät waren, nach 10 Tagen noch zu züchten waren, nicht dagegen, wenn zwei Milliarden eingesät waren. Korschun bringt das mit der von Emmerich[4] entdeckten und dann von Huntemüller[5], Fehrs[6] und Korschun selbst bestätigten Tatsache zusammen, daß durch einen starken Zusatz von Typhus- oder anderen Bazillen die im Wasser vorhandenen Flagellaten zu kräftigen Wachstum angeregt würden, nimmt nun aber an, daß diese Tierchen, einmal entwickelt, die Keime um so schneller zum Verschwinden brächten. Wenn die Einsaat nicht groß genug sei, fehle für die Flagellaten der Reiz zur Vermehrung und damit eine Ursache für das Absterben der Bakterien.

Auf die Flagellaten komme ich später noch zurück. Die Korschunsche Beobachtung habe ich aber bei ihrer Nachprüfung nicht bestätigen können, vielmehr gefunden, daß die in unser Bonner Leitungswasser geimpften Typhusbazillen ebenso wie die Cholerabazillen in den früheren Versuchen sich darin um so länger hielten, je größer die Einsaat war. Bemerkenswert war dabei, daß die Typhusbazillen sich in allen Kolben mit 300 ccm Wasser bis zum fünften Tage in fast unveränderter Zahl zeigten, um dann plötzlich abzunehmen. Die Feststellung der Bazillen wurde hier durch den Umstand sehr erleichtert, daß das Bonner Leitungswasser fast keine Bakterien enthält, die bei 37° gedeihen. Auf Lackmusmilchzuckerplatten wuchsen also bei dieser Temperatur die Bazillen fast

[1] *Diese Zeitschrift.* 1893. Bd. XVII. S. 29.

[2] *Archiv f. Hygiene.* Bd. LXI.

[3] Die Zahlen sind nicht genau angegeben, sondern von mir abgeschätzt.

[4] *Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- u. Genußmittel.* 1904. Bd. VIII. S. 77.

[5] *Archiv f Hygiene.* Bd. LIV.

[6] *Hygienische Rundschau.* Bd. XVI. S. 113.



überall in Reinkultur. Erst vom siebenten Tage an kamen hier und da, meist aber nur in spärlicher Anzahl, auch andere Keime zur Entwicklung. Ruhrbazillen, die in einen der Kolben eingesät waren, verhielten sich den Typhusbazillen ähnlich. Das Wasser wurde im Halbdunkel bei einer Temperatur von 15 bis 20° gehalten.

Die Zählungen (aus 1 ccm Wasser) ergaben im einzelnen folgendes:

Prüfung	I	II	III	IV	V	VI	VII[3]
sofort	—	—	—	3000	—	45	—
nach 1 Tag	845 000	150 000	14 000	4800	—	32	∞
„ 3 Tagen	5 250 000	225 000	20 000	2150	—	27	∞
„ 4 „	—	—	—	—	120	—	2 200 000
„ 5 „	3 100 000	140 000	2 770	1800	118	16	—
„ 7 „	weniger als 1000	weniger als 100	180 000[2]	weniger als 10	—	11	1000
„ 8 „	660[1]	25[2]	360[1]	4[2]	15[1]	—	1500[1]
„ 10 „	1500[1]	—	300[2]	—	0	0	1000[2]

[1] Nur teilweise Typhus (oder Ruhr). [2] Fremde Keime. [3] Ruhrbazillen.

Bei 22° (auf Gelatineplatten) entwickelten sich überall massenhaft fremde Keime; am meisten aber in I und VII. Zu der Zeit, als die Krankheitserzeuger schon abgestorben waren, wimmelte das Wasser noch von anderen Bakterien. Flagellaten wurden auch nur in I und VII, wo die größte Einsaat stattgefunden hatte, beobachtet.

Die Bedenken, die man gegen solche Versuche im Laboratorium erheben kann, haben Jordan, Russell und Zeit[1] und später Russell und Fuller[2] bewogen, ein anderes mehr natürliches Verfahren zu wählen, um das Schicksal der Typhusbazillen im Wasser festzustellen. Sie brachten die Bazillen in Celloidin-, Pergament- oder Agarsäckchen von etwa 50 ccm Inhalt, füllten sie mit dem zu untersuchenden Wasser und hingen die Säckchen dann in einen Strom desselben Wassers. Die Diffusion durch diese Membranen verhütete so die Anhäufung von Stoffwechselprodukten, oder, wenn man will, die Erschöpfung des Nährbodens. Die Ergebnisse waren (bei der reichlichen Einsaat von etwa 100000 Keimen im Kubikzentimeter) folgende: In ziemlich keimarmem Seewasser blieben die Typhusbazillen (ohne Anwendung von Anreicherungsmethoden) 6 bis 10 Tage nachweisbar, in sehr stark verunreinigtem Fluß- oder Kanalwasser 2 bis

[1] *Journal of infect. diseases.* 1904. p. 641.
[2] *Ebenda.* Suppl. 2. Febr. 1906.



5 Tage. Gleichzeitige Versuche in Glasgefäßen zeigten eine größere Lebensfähigkeit der Bazillen. Die Brauchbarkeit der Versuchsanordnung wird dadurch bewiesen, daß die Vermehrung der Wasserbakterien mindestens in engeren Grenzen gehalten wurde. Die Abnahme der Typhusbazillen und das geringe Wachstum der Wasserbakterien wird beleuchtet durch folgende Zahlen, die in einem Versuch mit vier Säckchen in Seewasser erhalten wurden.[1] Das letztere enthielt 500 bis 1000 Keime, die Einsaat betrug etwa 200000 Bazillen im Kubikzentimeter:

Prüfung nach	Temperatur in Grad C	Zahl der Kolonien im Kubikzentimeter	Von den abgestochenen Kolonien waren Typhusbazillen
4 Stunden	12	111 800—203 000	13 : 13
2 Tagen	12	34 800—152 000	35 : 29
3 „	12	41 000—109 000	32 : 29
4 „	14	29 500— 62 500	38 : 23
5 „	14	16 000— 49 000	32 : 25
6 „	14	13 750— 33 250	37 : 29
7 „	7	900— 3 315	37 : 24
8 „	9	500— 1 520	17 : 11
9 „	10	280— 1 720	8 : 1
10 „	12	150— 750	12 : 1
11 „	13	135— 560	2 : 0
12 „	12	150— 1 150	16 : 0

Während hier die Abnahme zuerst ziemlich langsam, und erst vom 6. Tage an schnell stattfand, war sie in einem anderen Versuch mit Seewasser schon in der ersten Zeit sehr beschleunigt, indem die Zahl der Typhuskolonien von 135000 bei der Einsaat auf 8000 nach einem Tage, auf 700 nach 2 Tagen und eine einzige nach 8 Tagen herabsank. Die Temperatur war hier etwas höher (15—18°).

Obwohl diese Versuchsanordnung auch noch nicht ganz einwandfrei zu sein scheint, wäre es wünschenswert, die Versuche in dieser Richtung noch zu vervollständigen. Insbesondere käme es darauf an, sie mit kleiner Einsaat, mit mäßig verunreinigtem Wasser zu wiederholen, den Einfluß der Belichtung, die Verhältnisse der Protozoen usw. festzustellen.

Für die Praxis am wichtigsten scheint mir die aus allen Versuchen sich ergebende Tatsache zu sein, daß sich die Wässer selbst in den ersten 24—48 Stunden, nachdem sie Typhusbazillen aufgenommen haben, recht verschieden ihnen gegenüber verhalten. Mit andern Worten: auf das Selbstreinigungsvermögen der Gewässer gegenüber Typhus-

[1] Züchtung in Lackmusmilchzuckeragar mit Zusatz von Kristallviolett. Angaben über die Keimzahl in Gelatine fehlen leider.



bazillen ist in diesem Zeitraume, der gerade für die Ansteckungsgelegenheiten des Oberflächenwassers in erster Linie in Betracht kommt, nicht mit einiger Sicherheit zu zählen. Wir haben so experimentelle Stützen für die aus epidemiologischen Beobachtungen gezogenen Schlüsse gewonnen.

Es liegt nahe, für die Beurteilung der Selbstreinigungsvorgänge gegenüber Infektionserregern auch die Veränderungen zu benutzen, welche die Keimzahlen eines Gewässers, das einer Verunreinigung ausgesetzt war, in der darauffolgenden Zeit erfahren. In der Tat hat man sich dieses Maßstabes schon seit langem bedient und hat ein gewisses Recht dazu, weil man die Bakterien des Schmutzwassers, die doch zum allergrößten Teil gewissermaßen vom festen Lande stammen, ebenso als Fremdlinge im reinen Wasser ansehen darf als die Krankheitserreger. Die Erfahrung im Laboratorium und in der freien Natur hat das dann auch bestätigt. Die Gewässer reinigen sich von den Schmutzwasserbakterien wie von den Typhusbazillen; ob leichter oder schwerer, ist freilich von vornherein nicht zu entscheiden, man wird allenfalls von den Typhusbazillen, weil sie unter natürlichen Verhältnissen ausschließlich auf den Parasitismus im Menschen angewiesen sind, erwarten dürfen, daß sie schneller im Wasser erliegen, als Fäulnis- oder Gärungsbakterien, die einen großen Teil der Schmutzwasserkeime ausmachen, und ebenso vielleicht annehmen dürfen, daß diese und andere Krankheitserreger, weil sie im allgemeinen gegen schädigende Einflüsse weniger widerstandsfähig sind, auch im Wasser rascher absterben als die sog. Fäkalbakterien, die ebenfalls einen beträchtlichen Anteil der Schmutzwasserkeime ausmachen. Genaue vergleichende Untersuchungen über das Verhalten der einzelnen Arten der Schmutzwasserbakterien im reinen Wasser liegen übrigens nicht vor, und wären bei der Unzahl der in Betracht kommenden Arten auch kaum ausführbar; man hat also nicht den mindesten Grund zu behaupten, die Fäkalbakterien hielten sich kürzer oder länger als andere Bakterien des Schmutzwassers im reinen Wasser. Es ist das nicht unwichtig, weil dadurch der Anspruch hinfällig wird, die Untersuchung des Wassers auf Colibazillen gäbe einen besseren Maßstab für die Beurteilung der Selbstreinigung ab, als die einfache Bestimmung der Keimzahl.

Wir kommen auf die Colibazillen später noch zurück und wenden uns jetzt zu den Ergebnissen der Keimzählungen. Im einzelnen sie anzuführen, kann ich unterlassen, weil ich die wichtigsten der vorliegenden Untersuchungen in einer früheren Arbeit (s. o. 1899) ausführlich besprochen habe und Brezina[1] jüngst noch die gesamte Literatur zusammengestellt hat.

[1] *Diese Zeitschrift.* Bd. LIII.



Das Schlußergebnis dieser Forschungen ist folgendes: Die nach sorgfältiger Methodik vorgenommenen Untersuchungen an zwei großen schnell fließenden Strömen, an der Donau (Heider, Brezina) und namentlich an verschiedenen Stellen des Rheins (Kruse und Lossen) haben gezeigt, daß die Keimzahlen auf Längen von 15 bis 27 km noch eine ziemlich geringfügige oder überhaupt keine deutliche Abnahme zeigen. Brezina findet sogar öfters eine beträchtliche Zunahme; es ist mir aber fraglich, ob ihm seine Beobachtungen dazu das Recht geben. Seine Schlüsse scheinen mir auf Voraussetzungen über Wassermischung und Strömung zu beruhen, die nicht ganz einwandfrei sind. Ich glaube, daß mein Verfahren der wiederholten Querschnittsuntersuchung Fehlerquellen besser ausschließt, als das seinige. Von vornherein wäre es ja nicht unmöglich, daß ein Teil der Bakterien sich eine Zeitlang im Strom vermehrte, aber bisher weiß man nur vom Gegenteil; wir brauchen also bessere Beweise; den Zerfall der Fäkalien für die Keimzunahme verantwortlich zu machen, geht nach Spittas Feststellungen kaum an. Die Zahlen, die ich selbst mit Lossen im Rhein bei Hitdorf, d. h. an einer Stelle, wo die Schmutzwasser Kölns, Mülheims und der Wupper sich schon dem Wasser zugemischt haben, gefunden, betrugen

links (auf der Kölner Seite)	in der Mitte	rechts (auf der Seite der Wuppermündung)
33450	12850	17900

während sie oberhalb Kölns bei der Marienburg nur

8400	8900	8700

erreichten. Man kann daraus etwa eine Durchschnittszahl von 19000 für das Wasser bei Hitdorf, indem man die größere Tiefe des Flusses in der Mitte berücksichtigt, erschließen. Es hätte also der Rhein hinter Köln um 9000 Keime im Kubikzentimeter zugenommen. Das entspräche einer täglichen Verunreinigung mit 900000 Billionen Keimen, wenn wir annähmen, daß die Menge des Schmutzwassers und die Keimzahl darin Tag und Nacht gleich wäre. Tatsächlich ist das aber nicht der Fall; wir können also, da unsere Untersuchung gerade in Tagesstunden vorgenommen wurde, die sich erfahrungsgemäß durch ihre größere Schmutzproduktion auszeichnen, vielleicht nicht viel mehr als die Hälfte davon, d. h. 500000 Billionen Keime als Tagesproduktion annehmen. Rechnet man nun die durchschnittliche Keimzahl im Kubikzentimeter Schmutzwasser auf 6 Millionen, wie sie tatsächlich für Berlin und Bonn gefunden worden sind, und die tägliche Schmutzwassermenge auf den Kopf der Bevölkerung zu 100 l, so würde eine Bevölkerung von etwa 800000 Seelen die dem Rhein hinter Köln zugeflossene Bakterienmenge erzeugt haben können. In der Tat kommen wir auf eine ähnliche Ziffer, wenn wir die Bevölkerung Kölns, Mülheims und der Wupperstädte zusammenzählen.



Sei dem wie ihm wolle — genauere Berechnungen sind ja nicht angängig — die Keimzählung des Rheins bei Vollmerswerth, das oberhalb Düsseldorfs und 27 km unterhalb Hitdorfs liegt, ergab ein ziemlich gleichmäßig durchgemischtes Wasser mit etwa 18000 Keimen, d. h. ebensoviel als in Hitdorf. Wir haben also kein Recht dazu, zu sagen, daß die Bakterienmengen im Rhein sich auf dieser Strecke, die in 6—8 Stunden durchlaufen wird, nach der einen oder anderen Richtung wesentlich ändern. Deutlicher wird die bakteriologische Selbstreinigung auf größeren Stromstrecken, sie ist aber auch da eine langsame. Ich kann dafür einen neuen Beitrag liefern durch einen Versuch, den ich mit Herrn Dr. Stöcker im Juli 1901 im Rhein vor Bonn und bei Emmerich (an der holländischen Grenze) vorgenommen habe. Es wurde in 24—30 Stunden der Flußquerschnitt je 4—5 mal in der Weise untersucht, daß, wie in den früheren Versuchen, eine Reihe von $^1/_2$ Literflaschen mit Mischproben von der linken Seite, von der Mitte und von der rechten Seite des Stromes aus $^1/_2$—2 m Tiefe gefüllt, und dann Zählplatten gegossen wurden. Nebenbei bemerkt, zeigte sich kein Unterschied zwischen den oberflächlichen und tiefen Entnahmen. Die Zahlen stehen auf der folgenden Seite.

Ich will keineswegs behaupten, daß die Untersuchungszeiten in Bonn und Emmerich genau der Strömungsgeschwindigkeit des Rheins entsprochen haben, aber bei Berücksichtigung des guten Wetters und des Umstandes, daß der Rhein sowohl vor Bonn als vor Emmerich lange ganz frei geblieben ist von erheblichen Verunreinigungen, also Zeit gehabt hat, sich zu durchmischen, kann von einem wesentlichen Fehler kaum die Rede sein. Die Gleichmäßigkeit der Zahlen bezeugt das auch. Wir haben also die Tatsache, daß der Rhein auf der Strecke von etwa 200 km zwischen Bonn und Emmerich, wo er die Abwässer Bonns, Kölns, der Wupperstädte Elberfeld und Barmen, Düsseldorfs und Krefelds, Duisburgs, durch die Ruhr und Emscher auch die eines großen Teiles des Ruhrkohlenbezirks aufgenommen hat, seine Keimzahl um mehr als 9000 Keime im Kubikzentimeter gesteigert hat, und das, obwohl er seit der letzten Verunreinigung 75 km durchflossen hat. Berechnet man die Summe dieser Keime auf die tägliche Wassermenge bei Emmerich, so bekommt man wieder mindestens 900000 Billionen Keime, d. h. so viel, wie etwa $1^1/_2$ Millionen Stadtmenschen täglich in ihren Abwässern produzieren. Genauer die Mengen der Abwässer und Keime anzugeben, die wirklich dem Rheine zwischen Bonn und Emmerich zufließen, bin ich außerstande. Die obigen $1^1/_2$ Millionen werden sicher erheblich überschritten; daß die Selbstreinigung aber auf dieser Strecke des Rheins keinen besonders hohen Grad erreicht, ist klar.



Keimzahlen im Rhein oberhalb Bonns.

	Links	Mitte	Rechts
19. VII. mittags 12 h	6 300 2 600	5100 4900 3450	5100 3700
19. VII. abends 7 h	13 800 2 500	3600 3750	7600 5600
20. VII. morgens 7½ h	2 500	2800 4000	3600
20. VII. abends 7 h	4 700 3 900		5300 2700
Durchschnittlich:	5 200	4000	4800

Keimzahlen im Rhein vor Emmerich.

	Links	Mitte	Rechts
20. VII. morgens 10 h	13 900 12 900	7 800 14 200	11 000 12 300
20. VII. nachm. 3 h	15 700	11 800 16 600	15 600
20. VII. abends 8 h	15 000	10 100 22 300	14 300
20. VII. Mitternacht	12 800 10 200	22 800 15 300	14 600
21. VII. morgens 4 h	12 500	9 000 13 300	14 300
Durchschnittlich:	13 400	14 300	13 700

Wenn wir die wichtigsten der früher von Lossen und mir aus dem Rhein erhaltenen Mittelzahlen mit denen von 1901 zusammenstellen, so bekommen wir folgende Übersicht.

Die Keimzahlen des Rheins vom Bodensee bis zur holländischen Grenze.

		Datum	Keime
bei	Schaffhausen-Ellikon	am 8. IX. 1898	730 Keime.
„	Niederwalluf (unterhalb Wiesbadens)	am 5.—17. IX. 1898	9 500 „
„	Rüdesheim (20 km unterhalb)		7 500 „
„	Assmannshausen (25 km unterhalb)		6 100 „
„	St. Goar (48 km unterhalb)		5 400 „
„	Oberlahnstein (68 km unterhalb)		5 200 „
„	Bonn (65 km unterhalb Koblenz)	19./20.VII. 1901	4 600 „
„	Köln-Marienburg (35 km unterhalb Bonns)	10. XI. 1898	8 700 „
„	Vollmerswerth (45 km unterhalb Kölns)		17 900 „
„	Emmerich (200 km unterhalb Bonns)	20./21.VII. 1901	14 000 „



Hier sind die im September 1898 und Juli 1901 erhobenen Zahlen vielleicht miteinander unmittelbar vergleichbar, weil sie unter ähnlichen Temperatur- und Witterungsverhältnissen erhoben wurden. Die Keimabnahme von Oberlahnstein bis Bonn ist auch trotz des Hinzutretens der Abwässer von Koblenz, Neuwied und kleineren Städten nicht unwahrscheinlich. Man sieht, daß die Verschmutzung des Stroms von Schaffhausen bis unterhalb Wiesbadens etwa ebensoviel beträgt, wie die unterhalb Bonns. Auf der wenig verschmutzten 130 km langen Strecke zwischen Wiesbaden und Bonn entledigt sich der Rhein etwa der Hälfte seiner Keime.

Am 10. November 1898 erreichte die Keimzahl vor Köln die doppelte Höhe wie im Juli 1901 vor Bonn. Das liegt aber sicher nicht an den Abwässern Bonns, sondern an der Jahreszeit.

Die Zunahme der Keime zwischen Köln und Düsseldorf (Vollmerswerth) beträgt auch wieder etwa 9000, sie erscheint, wie wir gesehen, recht hoch, wenn man auch berücksichtigt, daß die Wupper ihr Schmutzwasser mit denen Kölns und Mülheims vereinigt. Leider haben wir nicht gleichzeitig auch die Keimzahlen in Emmerich festgestellt. Es ist aber wahrscheinlich, daß wir höhere Ziffern gefunden hätten als im Juli 1901.

Sprechen die Erfahrungen an den größeren Flüssen nicht gerade für eine erhebliche Bedeutung der bakteriologischen Selbstreinigung, so sind weit bessere Ergebnisse veröffentlicht worden für einige andere meist viel kleinere Flüsse. Obwohl ein Teil derselben methodische Bedenken erweckt[1], so wird man doch nicht umhin können, zuzugestehen, daß unter Umständen die Selbstreinigung auch in Flüssen binnen kürzester Frist sehr kräftig wirken kann. So sank nach Prausnitz und seinen Mitarbeitern der Keimgehalt in der reißenden und wasserreichen Isar nach einem Laufe von 72 km auf den dritten bis zwölften Teil. Ich hatte früher, gestützt auf eine Angabe Classens, die Erklärung für möglich gehalten, daß die Selbstreinigung eine scheinbare sei, bedingt durch ein Verschwinden des verschmutzten Wassers in dem Geröll des Flußbettes, muß aber sagen, daß ich jetzt anderer Ansicht bin. Das Bett der Isar ist doch kaum auf eine Linie zu stellen mit einem spaltenreichen Kalkgebirge, in dem allerdings ganze Bäche und Flüsse versinken können. Vergleichbar mit der Isar ist die Aare bei Bern. Auch sie soll nach Mutschler auf einer Strecke von 24 km zwei Drittel bis drei Viertel ihrer Keime verloren haben. Andere freilich in ihrer Deutung nicht so sichere Angaben wurden in der Limmat bei Zürich und dem Tiber bei Rom ge-

[1] Siehe meine Arbeit von 1899.



macht. Und neuerdings beobachtete Stahl[1] starke reinigende Wirkungen in Schwarzwaldbächen. Von der ungemein bakteriziden Wirkung indischer Flüsse wird später noch die Rede sein. Man muß sich da fragen, ob denn Gebirgsflüsse vielleicht besondere Eigenschaften haben, die die Selbstreinigung begünstigen. Wir kommen darauf zurück. In den hier aufgezählten Beispielen blieb übrigens die Selbstreinigung insofern unvollkommen, als gewöhnlich am Ende die Keimzahlen in dem gereinigten Fluß noch 5 bis 10 mal höher waren als in dem nicht gereinigten.

Den Übergang zu den stehenden Gewässern machen Flüsse, die wie die Havel hinter Spandau große seeartige Erweiterungen durchfließen müssen. G. Frank hat nachgewiesen, daß die Bakterienzahl bei Sakrow (vor Potsdam) annähernd ebenso niedrig ist, wie in der Spree vor Berlin, und Dirksen und Spitta[2] haben dies bestätigt. Das ist ein recht bedeutender Erfolg der Selbstreinigung. Auch in anderen Flüssen mit längerem Lauf schalten sich seeartige Erweiterungen oder mehr oder weniger stilliegende sogenannte „tote" Arme ein. Die künstlich hergestellten Buhnenbauten haben eine ähnliche Wirkung. Und so kommt es, daß viele Ströme, die während ihres Laufes recht erhebliche Verunreinigungen empfangen haben, wie die Oder bei Stettin und die Elbe bei Hamburg in ihrem Unterlaufe schließlich dennoch ein verhältnismäßig keimarmes Wasser führen können.[3] Nur zeichnen sich diese Flüsse immer dadurch aus, daß die Selbstreinigung im besten Falle eine sehr ungleichmäßige, unzuverlässige ist.

Die bisher berichteten Erfolge der Selbstreinigung in Flüssen werden übertroffen von denjenigen, die wir in natürlichen und künstlichen Seen beobachteten. Den in meiner früheren Arbeit (1901) dafür erbrachten Nachweisen kann ich jetzt weitere hinzufügen. Am klarsten waren die Ergebnisse, die ich an der Barmer Talsperre (bei Herbringhausen) erhielt. Nach Fertigstellung der Sperrmauer wurde das Staubecken im Frühjahr 1901 zum ersten Male gefüllt. Von Anfang März bis Ende April flossen ihm 1000000 cbm Wasser zu, das durchschnittlich etwa einen Keimgehalt von 1500 im Kubikzentimeter hatte. Zu Ende des sehr trockenen Monats Mai, also nach einem Aufenthalt des Wassers in der Sperre von 1 bis 2 Monaten fand ich im Durchschnitt von 12 Proben, die ich in 0 bis 18 m Tiefe in der Nähe der Mauer entnahm, nur 109 Keime. 500 m von der Mauer entfernt waren es durchschnittlich auch nur

[1] Bakteriologische und chemische Untersuchungen über Verunreinigung und Selbstreinigung kleinerer Flußläufe. *Dissertation.* Freiburg i/B. 1904.

[2] *Archiv f. Hygiene.* Bd. XXXV. S. 105.

[3] Vgl. die Wasserwerksberichte in *Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte.* Bd. XIV. S. 245 u. 251. Mit Tafeln.



111 Keime und 1000 m von der Mauer, d. h. schon in der Nähe des Bacheinlaufs 222 Keime, während der Bach selbst nach wie vor 1500 Bakterien mit sich führte. Im Oktober desselben Jahres sank ebenfalls die Keimzahl im Wasser des entleerten und zum zweiten Male gefüllten Beckens binnen kaum vier Wochen auf 200. Der gleiche Reinigungsvorgang vollzieht sich nun auch beim Einströmen stark keimhaltigen Bachwassers in die schon mehr oder weniger gefüllte, längere Zeit im Betrieb befindliche Talsperre. Allerdings nicht immer so gleichmäßig, wie in den beschriebenen Beispielen. Wie ich schon früher ausgeführt, ist die Selbstreinigung im Becken nämlich zuweilen Störungen ausgesetzt, die sich am einfachsten rein mechanisch erklären lassen. Strömen bei einem geringen Inhalt plötzlich unverhältnismäßig große Wassermengen zu, oder ist das in schwachen Mengen zufließende Wasser kälter als das im Becken angesammelte, so steigt die Keimzahl in mehr oder weniger ausgedehnten Teilen des Beckens oder auch im ganzen Becken. Anscheinend können selbst kleinere Niederschläge, wenn sie sich mit Temperaturabfällen verbinden, dadurch störend wirken, daß das keimreichere Wasser von der Oberfläche in die Tiefe sinkt und sich mit dem keimarmen Wasser mischt. Wie Temperaturschwankungen kann vielleicht auch starker Wind eine Durchmischung des Beckeninhalts herbeiführen.

Die Ergebnisse der Selbstreinigung in dem Barmer Staubecken habe ich auf der folgenden Tafel für die 3 Jahre 1902 bis 1905 zusammengestellt, und zwar in der Weise, daß ich für die einzelnen Monate die am Beckenausfluß fast täglich gewonnenen Keimzahlen nach ihrer Höhe in verschiedene Spalten verteilt, dann die Mittelzahl und noch einige Angaben über den Inhalt des Beckens, den Zufluß zur Sperre, die Wassertemperatur am Auslauf usw. hinzugefügt habe. So bedeuten z. B. die Zahlen unter dem Juni 1904 (VI. 04), daß 21 mal Keimzahlen unter 100, 5 mal von 100 bis 200 und im Durchschnitt 77 Keime im Kubikzentimeter festgestellt wurden bei einer Füllung des Beckens, die von 2000000 bis 1700000 cbm herunterging, bei einem monatlichen Zufluß von 59000 cbm und einer Wassertemperatur von 7·5 bis 8·5° C. Das Fassungsvermögen der Sperre beträgt etwas mehr als 2400000 cbm, die zuführenden Bäche liegen sämtlich gegen 1 km, der Hauptbach bei gefülltem Becken 1·6 km von der Sperrmauer entfernt, der Ablauf, der das Wasser zu den Sandfiltern führt, befand sich bis Mitte September 1903 wenige Meter über der tiefsten Stelle des Beckens, von da an 9 m höher.[1]

[1] Daraus erklärt sich die plötzliche Aufwärtsbewegung der Wassertemperatur im Ablauf von 8·5 auf 12·5° C.



Bakteriologische Beschaffenheit

Monat	Häufigkeit der Keimzahlen im Ausfluß						
	–100	–200	–300	–400	–500	–1000	–2000
VII. 1902	19	8	—	—	—	—	–
VIII. 1902	4	11	4	1	—	5	1
IX. 1902	25	—	—	—	—	—	–
X. 1902	14	6	4	3	—	—	–
XI. 1902	14	11	—	—	—	—	–
XII. 1902	10	9	3	—	—	3	–
I. 1903	1	6	5	3	7	4	–
II. 1903	—	—	1	10	7	6	–
III. 1903	—	4	5	8	7	2	–
IV. 1903	—	3	14	4	3	—	–
V. 1903	1	9	10	3	2	—	–
VI. 1903	4	19	1	1	—	—	–
VII. 1903	13	15	—	—	—	—	–
VIII. 1903	25	—	—	—	—	—	–
IX. 1903	23	1	—	—	—	—	–
X. 1903	—	12	7	2	2	3	–
XI. 1903	11	9	3	—	—	1	–
XII. 1903	1	4	7	4	3	1	–
I. 1904	6	6	1	—	—	2	9
II. 1904	—	—	—	1	6	5	10
III. 1904	3	9	3	3	9	—	–
IV. 1904	7	16	1	—	—	—	–
V. 1904	10	2	1	—	—	—	–
VI. 1904	21	5	—	—	—	—	–
VII. 1904	4	13	7	4	1	1	–
VIII. 1904	8	10	12	—	—	1	–
IX. 1904	15	15	2	—	—	—	–
X. 1904	23	5	—	—	—	—	–
XI. 1904	8	5	3	5	2	5	1
XII. 1904	1	2	4	11	4	6	–
I. 1905	—	1	5	3	5	12	–
II. 1905	—	8	9	6	3	2	–
III. 1905	8	13	8	2	—	—	–
IV. 1905	20	9	—	—	—	—	–
V. 1905	24	7	—	—	—	—	–
VI. 1905	28	1	—	—	—	—	–

des Barmer Talsperrenwassers.

Mittlere Keimzahl	Inhalt des Beckens (Millionen cbm)	Zufluß ins Becken (in Tausenden cbm)	Wassertemperatur im Ausfluß	Bemerkungen
81	2·4—2·3	450	6·5— 6·0	—
299	2·3—2·3	324	6·5— 7·0	Einmaliger Niederschlag von 37 mm!
26	2·2—2·0	313	7·0— 6·5	Abfluß von 490 000 cbm.
130	2·0—2·3	497	7·0— 8·5	—
106	2·3—2·2	114	8·5— 6·0	—
183	2·2—2·3	600	5·5— 4·0	Abfluß von 460 000 cbm.
339	2·2—2·4	380	4·0— 3·5	—
450	2·4—2·4	423	3·5	Abfluß von 300 000 cbm.
337	2·4—2·3	448	3·5— 6·5	„ „ 374 000 „
280	2·3—2·4	536	4·5— 5·5	„ „ 325 000 „
245	2·4—2·4	226	6·5— 6·0	—
150	2·4—2·2	94	6·0— 6·5	—
107	2·2—2·1	240	6·5	—
52	2·1—2·2	450	7·0— 8·5	—
60	2·2—2·4	450	8·5—12·5	Statt des unteren wird von jetzt an der mittlere Auslaß benutzt. Abfluß von 194 000 cbm.
330	2·4—2·2	541	12·5—10·0	Temperaturabfall. Abfluß v. 570 000 cbm.
140	2·2—2·4	684	9·5— 5·0	Abfluß von 375 000 cbm.
286	2·4—1·8	178	5·0— 2·0	„ „ 590 000 „
655	1·8—1·7	270	2·5	„ „ 210 000 „
960	1·7—2·2	938	3·0— 2·0	—
265	2·2—2·2	337	3·0— 3·5	—
133	2·2—2·3	434	3·5— 6·0	—
90	2·2—2·0	102	6·0— 7·5	—
77	2·0—1·7	59	7·5— 8·5	—
209	1·7—1·3	40	9·0—12·5	Gesamtabgabe aus der Sperre 471 000 cbm.
183	1·2—0·9	37	12·5—14·0	Gesamtabgabe 385 000 cbm.
115	0·9—0·6	49	14·5—12·0	„ 353 000 „
81	0·6—0·4	66	12·0— 8·5	„ 256 000 „
324	0·4—0·5	268	8·5— 4·5	Gesamtabgabe 158 000 cbm. } Mißverhältnis zwischen Inhalt und Zufluß.
380	0·5—1·0	633	5·0— 4·0	„ 174 000 „ }
440	1·0—1·3	542	4·0— 3·0	—
289	1·3—1·7	594	3·0— 3·5	—
161	1·7—2·1	803	3·0— 6·5	—
92	2·2—2·4	520	6·0— 8·0	—
75	2·4—2·3	194	8·0—10·0	—
55	2·3—2·1	135	10·0	—

Bis Anfang 1904 wurden monatlich etwa 120 bis 150000 ^{cbm} auf die Filter abgelassen, von da an etwa die doppelte Menge. Außerdem wurden in den einzelnen Monaten wechselnde Mengen Wassers unfiltriert an die Wupper abgegeben, am meisten dann, wenn die Sperre überzulaufen drohte. Gewöhnlich ließ man es nicht dazu kommen, sondern öffnete den dicht am Boden gelegenen Ablaufschieber („Leerlauf") des Beckens, und ließ das dort stagnierende Wasser statt des frisch zugekommenen ablaufen. Wenn der „Abfluß" ein erheblicher war, ist die Zahl der Kubikmeter unter „Bemerkungen" in der Tafel verzeichnet; die auf das Filter gelassene Menge ist darin noch nicht einbegriffen. Nur in den Monaten Juli bis Dezember 1904 umfaßt die „Gesamtabgabe" in dieser Spalte das überhaupt aus der Sperre abgelaufene Wasser.

Man sieht aus unserer Tafel, daß die bakteriologische Beschaffenheit des Wassers am Ablauf der Talsperre erheblich schwankt und zwar in ziemlich regelmäßiger Weise: mit dem Eintritt des Frühjahrs pflegen die Keime abzunehmen, mit dem des Herbstes oder Winters zuzunehmen. Die Erhöhung der Keimzahlen entspricht im allgemeinen der Einwirkung der die Selbstreinigung störenden Ursachen (s. o.), dem starken Zufluß neuen Wassers zur Sperre, dem Temperaturabfall, der stürmischen Witterung. Allerdings ist es vorläufig bei dem Mangel mancher dazu nötigen Kenntnisse nicht möglich, in jedem einzelnen Falle die Ursachen der Keimvermehrung genau anzugeben. Immerhin können wir das doch nicht selten. So bewirkte im August 1902 offenbar ein starker Platzregen eine sehr erhebliche aber bald vorübergehende Erhöhung der Keimzahl. Gewöhnlich ist von einem solchen Einfluß — wie viele Beispiele lehren — in der warmen Jahreszeit nicht die Rede. Selbst erhebliche Zuflußmengen bleiben ohne Bedeutung, offenbar, weil die kältere Kernmasse in der Tiefe des Beckens nicht von dem zufließenden wärmeren Wasser berührt wird. Es ist daher kaum zu bezweifeln, daß man die Selbstreinigung stört, wenn man, wie es gerade beim Betrieb unserer Talsperre regelmäßig geschehen ist, sei es bei Hochfluten, sei es bei anderen Gelegenheiten, die tieferen Teile des Beckens durch den sog. Leerlauf (s. o.) entleert. Ich führe z. B. die Keimvermehrung im Oktober 1902 abgesehen von der Steigerung des Zuflusses darauf zurück, daß man im vorhergehenden Monat in wenigen Tagen eine halbe Million Kubikmeter Wasser aus der Tiefe laufen ließ. Im vorliegenden Falle hatte man allerdings einen guten Grund für diese Maßnahme, weil sich nämlich im Laufe des Sommers 1902 die chemische Beschaffenheit des gestauten Wassers besonders in der Tiefe erheblich verschlechtert hatte. Eine ähnliche Rücksicht war auch die Veranlassung dazu, daß man seit September 1903 das Wasser für die Filter



nicht mehr in der Tiefe sondern 9 m höher entnahm. So gerechtfertigt auch diese Maßregel war, so wird man sie ebenfalls nur als eine vorübergehende empfehlen dürfen, wenn man Wert darauf legt, möglichst keimarmes Wasser auf die Filter zu bringen. Denn es ist klar, daß im allgemeinen die Selbstreinigung sich in der Tiefe ungestörter vollzieht. Ein Beispiel dafür, das die Remscheider Talsperre betraf, habe ich schon in der früheren Arbeit erwähnt. Hier blieb nur der tiefste Teil des Beckeninhaltes von dem großen Hochwasser des Jahres 1900 ziemlich unbeeinflußt. Solange in der Tiefe die Temperatur von annährend 4° herrscht, ist das ja auch verständlich, weil Wasser von dieser Temperatur bekanntlich am schwersten ist, also von neu zutretendem kälterem Wasser oder von abgekühltem Oberflächenwasser nicht verdrängt werden kann. In einer mittleren Höhe sind die Wasserschichten von vornherein schon mehr dem Einfluß des Windes und namentlich der Luftwärme ausgesetzt; sie erwärmen sich im Sommer beträchtlich und werden leichter aufgewühlt, mischen sich dann eher mit den oberflächlichen Schichten, wenn diese bei Beginn der kalten Jahreszeit abgekühlt werden. Das würde der Selbstreinigung keinen Schaden tun, wenn die Oberfläche nicht durchschnittlich durch den Staub, den Regen, die Wellenbewegung, die Bakterien vom Ufer abschwemmt, und teilweise wohl auch durch die oberflächliche Ausbreitung des Bachwassers oder aus anderen Ursachen (s. u.) durchschnittlich keimreicher wäre. Nachweisbar ist das wenigstens in der warmen Jahreszeit in der Barmer Talsperre. So betrug die Keimzahl in 15 Sommermonaten der Jahre 1903—1905 durchschnittlich in 2^{m} Tiefe 210, im 9^{m} über der Beckensohle gelegenem Ablauf 109. In der kalten Jahreszeit verwischt sich der Unterschied, wahrscheinlich wegen der durch Temperaturschwankungen und Wind bewirkten Wassermischung; die entsprechenden Zahlen waren im Mittel von 12 Monaten derselben Jahre 247 und 250. Leider wurden in dieser Zeit keine Keimzählungen aus der Beckentiefe vorgenommen. Wahrscheinlich würden sie auch im Winter zugunsten der Tiefe einen Unterschied gezeigt haben.

Eine besondere Betrachtung verdient das Verhalten der Keimzahlen in der kritischen Zeit, die im Sommer und Herbst des Jahres 1904 durch die große Trockenheit herbeigeführt wurde. Vom Mai bis zum November sank der Sperreninhalt auf annähernd 400000^{cbm}, d. h. den 6. Teil des möglichen. Im großen und ganzen war die bakteriologische Beschaffenheit des Wassers während dieser Zeit eine günstige, wie das ja auch bei der sehr geringen Niederschlags- und Zuflußmenge nicht anders zu erwarten war. Immerhin stiegen die Keimzahlen im Juli und August mehrfach erheblich an. Ich finde keinen anderen Grund dafür, als daß



gleichzeitig die Bakterien an der Oberfläche der Sperre vielleicht unter dem Einfluß der Wärme stark (auf 448 und 540 im Durchschnitt) zunahmen und den jetzt der Oberfläche viel näher liegenden Ablauf beeinflußten. Auch in mehreren anderen Jahren (1903 und 1905) hat sich diese Keimvermehrung gerade an der Oberfläche bemerkbar gemacht, 1906 war sie weniger ausgesprochen. Das beweist meines Erachtens, daß unter Umständen die Selbstreinigung in Talsperren dadurch unterbrochen werden kann, daß die Wasserkeime sich durch eignes Wachstum im Wasser vermehren. Im allgemeinen ist aber davon nicht die Rede, die weitverbreitete Vorstellung, daß Stagnation das Wasser bakteriologisch verschlechtere, ist vielmehr für die Verhältnisse im Großen durchaus unberechtigt. Selbst für den Fall scheint die bakteriologische Beschaffenheit des Talsperrenwassers eine dauernd vorzügliche sein zu können, daß seine chemische sich in der bekannten Weise ändert, die für Stauweiher mit ungenügend von organischen Resten gereinigtem Boden bezeichend ist. So blieben die Keimzahlen im August und September 1903 an der untersten Entnahmestelle der Sperre so niedrig wie jemals, obwohl das Wasser dort durch Aufnahme organischer Substanzen und Eisen gelb, durch Schwefelwasserstoff übelriechend geworden war und zu der Verlegung der Entnahmestelle nach oben zwang. Ob wir es hier überhaupt mit einem biologischen Vorgang zu tun haben, scheint mir noch in keiner Weise entschieden zu sein. Sicher ist nur, daß sich biologische Veränderungen (Wachstum von Krenothrix usw.) nachträglich dazu gesellen können.

Erst als mit dem November 1904 verhältnismäßig große Wassermengen in das stark abgesenkte Staubecken einströmten, wurde die Selbstreinigung, die noch im September und Oktober sehr deutlich gewesen war, jäh unterbrochen.

Die Selbstreinigung in anderen Talsperren wird sich wohl nicht wesentlich von der hier beschriebenen unterscheiden. Regelmäßig festgestellt werden die Keimzahlen seit 1902 auch in dem Remscheider Staubecken, an dem ich meine ersten Untersuchungen gemacht hatte. Ich gebe sie hier nicht ausführlich wieder, sondern bemerke nur, daß das Wasser am Boden des Beckens dauernd keimärmer ist als das am Anfang der Sperre zuströmende Bachwasser, daß aber auffallenderweise das Oberflächenwasser in der Nähe der Sperrmauer sich bakteriologisch nicht wesentlich von dem hier freilich recht keimarmen Bachwasser unterscheidet. Es wurden z. B. festgestellt als Mittelzahlen der täglichen Untersuchung:



	an der Sohle	an der Oberfläche	im Bach
Im Januar 1906	182	333	348
„ Februar „	152	265	262
„ Juni „	112	226	215
„ Juli „	116	318	292

Ob sich das vielleicht aus der Art der Probenahme erklärt — die Proben wurden durch Eintauchen von Fläschchen in das Wasser entnommen — muß dahingestellt bleiben. Von vornherein wird man übrigens erwarten können, daß wegen des geringeren Inhaltes des Staubeckens (1 Million Kubikmeter) die Selbstreinigung hier eher Störungen unterliegt, als in der Barmer Sperre. Daß aber selbst ein viel kleineres künstliches Becken, das ursprünglich nur als Vorrats- oder allenfalls als Absatzbecken gedacht ist, eine ziemlich erhebliche Selbstreinigung gestattet, lehrt das früher (S. 41) angeführte Beispiel der Wasserversorgung von Lawrence. Während das Rohwasser hier 770 bis 12500 (im Durchschnitt 5025) Keime enthielt, waren nur 262 bis 2384, durchschnittlich 562, in dem Ausfluß des dem Wasser einen 14 tägigen Aufenthalt gestattenden (offenen) Behälters (ca. 160000 ^{cbm} Inhalt) vorhanden (a. a. O. 23. report. S. 632). Daß die Selbstreinigung auch in natürlichen Wasserbecken Platz greift, ist längst bekannt. Systematische Untersuchungen über den Keimgehalt solcher Seen sind z. B. gemacht worden an den Berliner Wasserwerken in Tegel und am Müggelsee.[1]

Die sogen. Coliprobe hat man bisher lange nicht so häufig zum Studium der Selbstreinigung benutzt, als die Keimzählung, und ein gründlicher Vergleich beider Verfahren liegt bisher überhaupt nicht vor. Eine der ersten Angaben über das Schicksal der Colibazillen im Wasser stammt von Hammerl.[2] Danach sollen sie im Flußwasser unterhalb Graz so schnell zugrunde gehen, daß sie überhaupt dort kaum nachweisbar seien. Dies auffallende Ergebnis kann nicht gut anders erklärt werden, als durch das Untersuchungsverfahren. Hammerl suchte nämlich die Colibazillen auf Gelatineplatten, die er mit $^1/_2$ bis 1 ^{ccm} Flußwasser beschickt hatte. Umfassender und mit Hilfe der flüssigen Vorkultur angestellt sind die Untersuchungen Jordans, die wir schon unter III (S. 13) wiedergegeben haben. Man kann ihnen entnehmen, daß die Colibazillen im Flußwasser 100 ^{km} unterhalb Chicagos seltener sind, als bei Chicago, und daß sie weiter abnehmen in den folgenden 200 ^{km}. Wenn man die Zahlen Jordans zu einem ziffermäßigen Vergleich benutzen wollte, so käme man zu folgender Übersicht:[3]

[1] Vgl. *Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte.* Bd. XIV. Taf. IV.

[2] *Hygien. Rundschau.* 1897. Nr. 11.

[3] Die Zahl der Proben ist in Klammern beigefügt.



Menge des geprüften Wassers	bei Chicago	100 km unterhalb	300 km unterhalb
0·01 ccm	100 Proz. (4)	27 Proz. (22)	0 (1)
0·1 „	100 „ (2)	56 „ (34)	15 Proz. (27)
1·0 „	—	42 „ (74)	42 „ (31)

Brauchbar ist hier eigentlich nur die Probe mit 0·1 ccm Wasser. Sie würde schließen lassen, daß noch im Laufe von 100 km nur etwas mehr als die Hälfte, nach 300 km der siebente Teil der Colibazillen des ursprünglichen Wassers am Leben wäre. Andere Ergebnisse erhält man aber bei Verarbeitung von 1 ccm und 0·01 ccm, im ersteren Falle schlechtere, im letzteren Falle bessere. Leider genügt hier aber die Zahl der Proben nicht. Einigermaßen sicher würde unser Urteil erst dann, wenn wir die entsprechenden Zahlen auch für geringere Mengen (0·001 bis 0·00001) hätten. Vorläufig kann man nicht behaupten, daß uns die Probe einen besseren Maßstab an die Hand gäbe, als die Keimzählung, die auf diesen großen Strecken jedenfalls auch Selbstreinigung ergeben würde.

Außerdem hat noch Brezina (s. o.) einigemale den Colititer (oder genauer gesagt den Thermophilentiter) in der Donau unterhalb Wiens bestimmt und, soweit man aus seinen kleinen Zahlen einen Schluß ziehen darf, eine geringfügige Abnahme des Titers, die mit der mäßigen Abnahme der Keimzahl übereinstimmt, gefunden.

Über das Schicksal der Colibazillen in Talsperren sind keine besonderen Untersuchungen angestellt worden. Immerhin teilen Clark und Gage[1] eine Reihe von wichtigen Erfahrungen mit, die die Verhältnisse ziemlich gut beleuchten. Zunächst stellten sie für eine Reihe von natürlichen Becken und Seen, die zum großen Teil zur Wasserversorgung dienten, fest, daß die Coliprobe, für jedes Becken Dutzende von Malen angestellt, mit 1 ccm Wasser meist negativ, in einzelnen Becken in 2 bis 13 Prozent, positiv ausfiel. Das ist ein recht günstiges Resultat, wenn man es mit dem gewöhnlich in Flüssen erhaltenen vergleicht. Daß die Colibazillen aber nicht etwa gänzlich fehlten, zeigten die Proben mit großen Mengen Wasser. Fast in allen Becken stiegen die Funde bei Verarbeitung von 100 ccm auf über 5 und erreichten in einem 33 Prozent. Mit 1000 ccm Wasser war die Probe in 32 bis 45 Prozent der Fälle positiv. Leider fehlen hier überall Keimzählungen. Auch das durch Sandfilter sehr gut gereinigte Wasser des Merrimakflusses in Lawrence verliert nach Clark und Gage, soweit man das nach der Coliprobe be-

[1] *34. annual report of the state board of health of Massachusetts.* 1902—03. S. 253 ff.



urteilen kann, noch etwa die Hälfte der in ihm übrig gebliebenen Colibazillen während seines 10 bis 12 Tage dauernden Aufenthaltes in dem schon früher erwähnten 160 000 ^{cbm} fassenden Behälter. Die mit 1 ^{ccm} angestellte Probe war nämlich im Durchschnitt der Jahre 1898 bis 1903 vor der Aufstauung in 13 Prozent, nachher in 7 Prozent der Fälle positiv. Versuche mit 12 Fuß tiefen Behältern, deren Größe leider nicht angegeben wird, ergaben weiter folgendes. Als unfiltriertes, aber von Sinkstoffen befreites Merrimakwasser in so langsamem Strom hindurchgeleitet wurde, daß es etwa 20 Tage sich im Becken aufhalten mußte, fiel die Zahl der Colibazillen binnen 5 Wochen so stark, daß die im Einlauf stets positiven Proben mit 1 ^{ccm} am Ende negativ ausfielen und in den dann folgenden 11 Wochen immer negativ blieben. In einem anderen Versuche, in dem Merrimakwasser in demselben Behälter der Ruhe überlassen wurde, fanden sich an drei verschiedenen Stellen zusammen, unmittelbar nach der Füllung, 63 Colibazillen[1], nach 24 Stunden 51, nach 2 Tagen 30 und so fort in den folgenden 10 Tagen 24, 14, 5, 12, 9, 17, 10, 3, 0 Colibazillen. Man sieht also auch mit Hilfe der Coliprobe den früher aus den Keimzählungen abgeleiteten Satz bestätigt, daß die Selbstreinigung im stehenden oder langsam fließenden Wasser eine sehr viel gründlichere ist, als im schnell fließenden.

Weiter folgt aus allen hier mitgeteilten Tatsachen, daß die Selbstreinigung der Gewässer nicht bloß die Krankheitserreger betrifft, sondern ebensowohl die übrigen Bakterien, die mit irgendwelchem Schmutz in das Wasser hineingelangen, einschließlich der eigentlichen Fäkalbakterien. Man kann deswegen in Ermangelung befriedigender Methoden zum Nachweis der Krankheitserreger selbst das Verhalten der anderen Bakterien als Maßstab der Selbstreinigung benutzen. Daß die Fäkalbakterien vor der Gesamtheit der übrigen Keime keine besonderen Vorzüge als Indikatoren infektiöser Verunreinigungen besitzen und daher auch nicht als Gradmesser der Selbstreinigung in erster Linie in Betracht zu ziehen sind, haben wir schon an anderer Stelle erörtert (s. o. III).

Es bleibt jetzt noch unsere Aufgabe, die Ursachen der Selbstreinigung des Wassers zu besprechen. Leider befinden wir uns in dieser Beziehung noch vielfach im Dunklen, m. E. hauptsächlich aus dem Grunde, weil Versuche im kleinen, wie wir schon früher sahen, gerade in dieser Frage zu Fehlschlüssen führen, und Versuche im großen erheblichen Schwierigkeiten begegnen. Soviel steht zunächst fest, daß die Selbstreinigung

[1] In Platten auf Milchzuckerlackmusagar.



des Wassers, wenn sie gründlich wirken soll, im allgemeinen nicht Stunden, sondern viele Tage und Wochen fordert. Daraus erklärt sich schon der Unterschied, den wir in dieser Beziehung zwischen Flüssen und stehenden Gewässern fanden. Der Rhein, die Donau würden sich voraussichtlich ähnlich vollständig von den ihnen zugeführten Bakterien reinigen können, wenn sie dazu ebensoviel Zeit hätten, wie das Bachwasser, das in die Talsperren hineinfließt. Da in unseren dichtbevölkerten Ländern immer wieder neue Verunreinigungen hinzutreten, haben wir für die Beurteilung der Selbstreinigung fast stets nur verhältnismäßig kurze Strecken, die in einigen bis höchstens 24 Stunden durchlaufen zu werden pflegen, zur Verfügung. Daher schreiben sich die schlechten Erfahrungen, die man am Rhein und an der Donau gemacht hat. Die Ausnahmen, die wir kennen gelernt haben, betrafen Gebirgsflüsse, und da war es ein berechtigter Gedanke Küsters[1], den Versuch zu machen, ob man nicht im Laboratorium die Bedingungen herstellen könne, die im Freien zur Selbstreinigung führen. Derartige Wasserläufe zeichnen sich wesentlich durch zwei Eigenschaften aus, ihre niedere Temperatur und ihre sprudelnde Bewegung, die sie mit der Luft in innige Berührung bringt. In der Tat fand Küster, daß Durchlüftung und Eiskühlung zusammen wirkend ziemlich keimarmes Leitungswasser und mit Leitungswasser vermischtes schmutziges Bachwasser binnen 24 Stunden von dem größten Teile ihrer Bakterien befreiten. Zu beachten ist aber, daß auch Eiskühlung oder Durchlüftung allein und selbst Stehen bei Zimmertemperatur[2] öfters die Keimzahl herabminderte, und gerade in denjenigen Versuchen, in denen die Durchlüftung bei der Temperatur der Gebirgsbäche (8°) vorgenommen wurde, in den ersten neun Stunden, die doch für diese Art Selbstreinigung in erster Linie in Betracht kommen sollten, sich die Keimzahl erhöhte. Das Ergebnis Küsters ist also keineswegs einwandfrei. Früheren Forschern, mir selbst und neuerdings wieder Dr. Selter haben Durchlüftungsversuche allein, selbst in großen Behältern (Badewannen), nur mangelhafte Erfolge ergeben. Man wird sich auch fragen, ob denn die Durchlüftung in Flüssen, die so mächtig sind wie die Isar, eine so erhebliche ist wie in den Laboratoriumsversuchen.

Als wichtiger Faktor der Selbstreinigung ist von Buchner u. A. die Belichtung betrachtet worden. Auch ich möchte sie nicht unterschätzen, gelegentlich im Sommer und bei Niedrigwasser beobachtete

[1] *Archiv f. Hygiene.* Bd. L.

[2] War daran vielleicht die Vermischung des schmutzigen Wassers mit Leitungswasser schuld? In einigen Versuchen, die Dr. Selter auf meine Veranlassung unternommen hat, zeigte sich bei Mischungen verschiedener Wässer miteinander erhebliche Keimabnahme.



stärkere Keimabnahmen würden sich durch sie vielleicht am einfachsten erklären lassen, nur unter besonders günstigen Umständen wird sie aber aus naheliegenden Gründen so schnell wirken, daß sie das rasche Absinken der Bakterienzahl in Flüssen und Bächen erklären könnte.

Eine andere Ursache für das schnelle Absterben von Bakterien im Wasser ist von Emmerich in den Vordergrund gerückt worden (s. o. S. 42), nämlich die Freßtätigkeit von Protozoen, besonders Flagellaten. Daß sie eine große Rolle bei der Vernichtung von Keimen im Wasser spielen können, ist von anderen Forschern und auch von mir bestätigt worden. Ich glaube in der Tat, daß die schnelle Abnahme der Keime, die man in mit großen Mengen von Bakterien geimpftem Wasser beobachten kann, etwas zu tun hat mit der gleichzeitig stattfindenden Entwicklung von Protozoen. Die Phagozytose ist unmittelbar zu beobachten. Eine ganz andere Frage aber ist es, wieweit die Mitwirkung der Protozoen bei der natürlichen Selbstreinigung der Flüsse in Betracht kommt. Um schnell und kräftig zugleich wirken zu können, müßten sie natürlich reichlich genug in dem Wasser, das eine Verunreinigung empfängt, vorhanden sein. Gerade das ist aber in unseren Wässern, namentlich aus Flüssen und Seen, nach meiner Erfahrung nicht der Fall. Es bedarf gewöhnlich einer ganzen Reihe von Tagen, um in den Laboratoriumsversuchen eine genügende Anreicherung der Protozoen zu erzielen. Fast alle Wässer scheinen dazu geeignet zu sein, aber es bedarf, wie namentlich aus Korschuns und meinen eigenen Beobachtungen folgt (a. a. O.), einer gewissen Größe der Verunreinigung, um das Auftreten der Flagellaten zu bewirken. Man könnte freilich zunächst die Vermutung aussprechen, daß die Erscheinungen auch bei kleiner Einsaat die gleichen, aber nur schwer nachweisbar seien. Ich habe daraufhin aber mehrfach Wässer, die mit geringen Mengen von Typhusbazillen geimpft waren, im Augenblick als die Selbstreinigung auf dem Höhepunkt zu sein schien, durch Berkefeldfilter geschickt, aber im Niederschlag auf dem Filter ebensowenig eine Spur von Protozoen gefunden wie im nicht eingeengten Wasser. Ich glaube deswegen, daß in solchen Wässern andere Einflüsse als die Freßtätigkeit der Protozoen für die Selbstreinigung verantwortlich zu machen sind, und halte es für sehr wahrscheinlich, daß auch da, wo die letzteren eine Rolle zu spielen scheinen, jene anderen Einflüsse nicht zu unterschätzen sind, ja vielleicht unter natürlichen Bedingungen allein in Betracht kommen. Es fragt sich nur, wie wir diese Einflüsse uns zu denken haben.

Ein Licht darauf werfen zunächst die Feststellungen, die Hankin[1]

[1] *Annales de l'Institut Pasteur.* 1896. S. 51.



an indischen Flüssen gemacht hat. Sie reinigen sich nicht nur außerordentlich schnell und vollständig von den Verunreinigungen, die ihnen durch die Städte usw. zugeführt werden, sondern besitzen auch im Laboratoriumsversuch eine energische abtötende Wirkung auf Cholera- (nicht auf Typhus-) Bazillen. Filtration durch Porzellan und Kochen in zugeschmolzenen Gefäßen erhält diese Eigenschaft, leichtes Alkalisieren mit Soda, Stehenlassen oder Kochen in offenen Gefäßen zerstört sie. Brunnenwasser war frei davon. Was ist das für eine flüchtige Substanz, entsteht sie etwa unter dem Einfluß der Sonne im Flußwasser? Man wird unwillkürlich an die Erfahrung erinnert, daß bei Belichtung alle möglichen Flüssigkeiten bakterizide Fähigkeiten annehmen.[1] Allerdings war die Veränderung bei meinen eigenen Versuchen gerade im Wasser nur gering, vielleicht würde man aber mit Wasser, das reich an organischen Stoffen ist, bessere Wirkungen erhalten. Die Natur des durch die Belichtung entstehenden Stoffes ist unbekannt, das namentlich von Dieudonné angeschuldigte und im Wasser allerdings sehr kräftig wirkende Wasserstoffsuperoxyd scheint nicht oder wenigstens nicht allein in Frage zu kommen.[2]

Soviel ich weiß, sind die Angaben Hankins bisher noch nicht nachgeprüft worden, Russell[3] hat aber die Beobachtung gemacht, daß Wässer verschiedenen Ursprungs im filtrierten Zustand eingesäte Typhus- und Colibazillen vernichteten, im gekochten oder auf 60° erhitzten nicht. Nach ihm wären die Ursache davon die Wachstumserzeugnisse der Wasserbakterien, denn gekochtes Wasser würde wieder zum ungeeigneten Nährboden, wenn man Wasserbakterien in ihnen wachsen ließe und sie dann filtrierte.[4]

Ich selbst habe nur wenige Versuche in dieser Richtung gemacht. Ausgehend von der früher erwähnten Beobachtung (S. 43), daß das Bonner Leitungswasser Typhusbazillen erst vom fünften Tage ihres Aufenthalts an gerechnet, wesentlich zu schädigen beginnt, und daß gerade während dieses Zeitraumes die Wasserbakterien sich üppig zu entwickeln pflegen, habe

[1] Kruse, Hygienische Bedeutung des Lichtes. *Diese Zeitschrift.* Bd. XIX. S. 327.

[2] Siehe Kruse, a. a. O. Vgl. auch Wiesner, *Archiv f. Hygiene.* Bd. LXI. S. 83 und Küster, a. a. O.

[3] *Centralblatt f. Bakteriologie.* Bd. XXXI. Nr. 10. (Ref.) (Die Arbeit selbst in *Science*, XV, [02] war mir nicht zugänglich.)

[4] Auf eine Fehlerquelle, die bei dem Kochen des Wassers in Glasgefäßen auftritt, macht Ficker (*Diese Zeitschrift*, Bd. XXIX, S. 63) aufmerksam. Es lösen sich dabei Stoffe, die lebenserhaltend wirken. In unseren Versuchen benutzten wir ausschließlich Jenaer Glaskolben und bisher nicht gebrauchte Filter.

ich nebeneinander je 300 ccm rohes Leitungswasser (I), auf 55° eine halbe Stunde lang erhitztes (II), erhitztes und mit Reinkulturen von Wasserbakterien geimpftes Leitungswasser (III), und schließlich Wasser, das vorher schon Typhusbazillen abgetötet und Wasserbakterien reichlich entwickelt hatte, im filtrierten Zustande (IV) mit einigen Tausend Typhusbazillen im Kubikzentimeter beschickt und deren Schicksal (bei 15°) verfolgt. Zum Vergleich dienten geimpfte Kolben mit rohem (V), filtriertem (VI) und erhitztem (VII) Rheinwasser. Die Platten auf Milchzuckerlackmusagar (37°) ergaben folgende Keimzahlen (wo nichts anderes vermerkt ist, waren es nur Typhusbazillen):

Prüfung	I	II	III	IV	V	VI	VII
sofort	8300	—	4200	—	5800 [1]	—	—
nach 1 Tag	6000	3900	1200	1400	1150 [1]	1600	3 200 [1]
„ 2 Tagen	4700	4700	400	131	20 [2]	∞ [3]	450 [1]
„ 4 „	2400	1200	94	10	121 [2]	∞ [3]	80 000 [2]
„ 6 „	350	250	0	0	9 [3]		

[1] Größtenteils Typhusbazillen. [2] Zum kleinen Teil Typhusbazillen. [3] Keine Typhusbazillen nachweisbar.

Die Gelatineplatten zeigten bei I sofort (vor der Impfung) überhaupt keine Keime, nach einem Tage außer den Typhusbazillen schon einige Tausend andere Keime. nach 4 bis 6 Tagen Hunderttausende, darunter nur wenig verflüssigende. Die Erhitzung auf 55° hatte bei II offenbar nicht alle Keime getötet, aber doch bewirkt, daß die Zahl der Wasserbakterien sich bis zuletzt in engen Grenzen hielt. In III waren zu Anfang neben den Typhusbazillen noch einige Tausend andere Keime zugegen, die aber nur in Gelatine wuchsen. Nach einem Tage waren sie nur wenig weiter gediehen, nach 4 bis 6 Tagen aber zu Hunderttausenden meist verflüssigenden Kolonien herangewachsen. In IV hatte leider die Filtration nicht alle vorher im Wasser reichlich vorhandenen Keime beseitigt, wenn auch die Gelatineplatte vor der Impfung mit Typhusbazillen keine Kolonien zur Entwicklung kommen ließ, denn nach 4 bis 6 Tagen wuchsen Hunderttausende von verflüssigenden Bakterien. Das rohe Rheinwasser (V) enthielt für den hohen Wasserstand, bei dem es entnommen war, auffallend wenig (750) Wasserbakterien, die sich zudem später (bei 22 und 37°) nicht wesentlich vermehrt zeigten. Die Filtration (VI) beseitigte auch hier die Keime nicht völlig, denn schon nach zwei Tagen waren sogar bei 37° so zahlreiche Kolonien gewachsen, daß es ein Ding der Unmöglichkeit war, Typhusbazillen darunter zu entdecken. Die Erhitzung auf 55° (VII) war zwar wirksamer, ließ aber doch Wasserbakterien genug übrig, die dann nach vier Tagen auf Gelatine- wie Agarplatten in großer Zahl auftraten. Protozoen wurden in allen Wasser-



proben zu keiner Zeit, auch nicht, als sie am siebenten Tage auf dem Kieselguhrfilter eingeengt wurden, gefunden. Die Deutung dieses Versuches ist nicht ganz einfach, auch wenn man die Unterschiede in den Keimzahlen zum Teil auf Zufälligkeiten zurückführt. So starben die Typhusbazillen in dem erhitzten und nicht erhitzten Leitungswasser (I und II) ungefähr in gleich langsamem Tempo ab, obwohl die Zahl der Wasserbakterien in I viel höher war als in II. Einen schädigenden Einfluß auf die Typhusbazillen schien dagegen die Entwicklung der Wasserbakterien in III und IV gehabt zu haben, es waren freilich hier in erster Linie verflüssigende Bakterien im Spiel. Wenn man den Hauptwert auf den Ausfall der Versuche II und III legte, so würde die maßgebende Rolle solcher Wasserbakterien geradezu bewiesen sein. Daß außerdem in IV noch die von dem früheren Wachstum der Wasserbakterien zurückgebliebenen Stoffe im Sinne Russells nachgewirkt hätten, wäre möglich. Ebenso könnten wir es uns erklären, daß die Typhusbazillen im rohen Rheinwasser (V), trotzdem sich die Wasserbakterien in diesem nur schwach entwickelten, schneller abstarben als in dem Leitungswasser, denn im Rheinwasser waren schon zu Anfang erheblich mehr lebendige und vielleicht noch mehr tote Wasserkeime vorhanden als im Leitungswasser. Weitere Untersuchungen müssen die Verhältnisse aufklären. In keinem Falle haben wir die geringste Veranlassung, in diesem Versuche für das Verschwinden der Typhusbazillen Protozoen verantwortlich zu machen. Im Gegenteil erklärt sich das Zusammenfallen von Protozoenwachstum und Typhusbazillenschwund in den Versuchen Emmerichs u. A. vielleicht einfach daraus, daß durch die reichliche Einsaat von Typhusbazillen, die zum Gelingen dieser Versuche nötig ist, gleichzeitig mit den Protozoen ganz regelmäßig auch die Wasserbakterien sich außerordentlich vermehren und zwar nach meiner Beobachtung viel reichlicher vermehren als bei kleiner Einsaat. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, daß die Typhusbazillen selbst unter den Bedingungen des Versuches mehr den Wasserbakterien als den Protozoen erliegen. Unter natürlichen Verhältnissen könnte das erst recht der Fall sein. Wie sich die Dinge dabei abspielen, darüber belehren uns freilich diese unsere Laboratoriumsversuche nicht mit Sicherheit, ja sie geben uns im Grunde nur Hinweise auf die Kräfte, denen die Typhusbazillen und ihnen ähnliche Bakterien zum Opfer fallen könnten, lassen aber die Ursachen für die Selbstreinigung im allgemeinen, die doch alle Keime im Wasser trifft, im Dunkeln.

Eine recht bedeutende Bakterienverminderung im Wasser scheint durch eine Art Oberflächenwirkung zustande zu kommen. Es ist nämlich mehrfach beobachtet worden, daß die Keimzahlen des Leitungswassers an den Zapfhähnen niedriger sind, als bei Eintritt in die Leitungen. Den



Untersuchungen des Gesundheitsamtes in Massachusetts verdanken wir auch darüber wieder bemerkenswerte Mitteilungen. So nahm die durchschnittliche Keimzahl des Leitungswassers in Lawrence vom Behälter bis zu einem Zapfhahn in der Stadt von 562 auf 145 Keime ab (23. report S. 362). Sogar der Durchfluß durch ein ein- bis zweizölliges 500 Fuß langes Rohr genügte, um den mittleren Keimgehalt im Flußwasser von 2620 Keimen auf 394 herabzudrücken (ausgerechnet aus der Tabelle im 24. report S. 527). Als das Rohr von seinen Inkrustierungen befreit wurde, war eine reinigende Wirkung nicht mehr zu spüren. Vielleicht sind ähnliche Einflüsse bei flachen Bächen nicht ausgeschlossen, und möglicherweise lassen sie sich auch für die Erklärung der Filterwirkungen (s. u. VIII) heranziehen. Im Laboratorium beobachten wir freilich öfter umgekehrt keimsteigernde Wirkungen z. B. an gläsernen Oberflächen (s. u.).

Viel weniger energische Leistungen entfaltet die Schwerkraft, indem sie die im Wasser schwebenden Keime wie andre kleine Körperchen zum Absitzen bringt. In stillstehenden Gewässern macht sich natürlich dieser Einfluß am sichersten bemerkbar, aber auch in schnell strömenden Flüssen ist er nicht ganz zu vernachlässigen, wegen der unregelmäßigen Gestaltung der Ufer, des Vorhandenseins natürlicher oder künstlicher Buchten (z. B. größerer Buhnen), toter Arme und dergl. Die Wirkung der freiwilligen Sedimentierung abzuschätzen, ist nicht leicht, weil sie von anderen Selbstreinigungsvorgängen kaum zu trennen ist. Laboratoriumversuche[1]) sagen uns auch nichts sicheres darüber, da hier wieder entgegengesetzte Einflüsse dazwischen treten. Einigermaßen könnte man sich nur auf die Ergebnisse des schnellen Filtrierens verlassen, während Ausschleudern wohl zu energisch wirkt. Von vornherein ist anzunehmen, daß sich nur solche Wässer durch Absetzen in erheblichem Maße reinigen werden, die Sinkstoffe in abschätzbaren Mengen enthalten, also Flußwässer. In der Tat schiebt man die Keimverminderung, die man in den Absatzbecken der Filterwerke beobachtet, meist auf die Sedimentierung. Selten beträgt sie übrigens binnen 24 Stunden mehr wie 50 Prozent. Aus den von Kabrhel[2] für ein kleines Versuchsbecken (ca. 10^{cbm}) erhaltenen Zahlen berechne ich eine Verminderung der Keime um 37 Prozent (in 20 Stunden).

Gewöhnlich zählt man unter den wichtigsten Ursachen der Selbstreinigung die Verdünnung auf, die das Schmutzwasser durch Vereinigung mit einer größeren Menge reinen Wassers erleidet. Selbst-

---

[1] Lit. bei Gärtner in Tiemann-Gärtners *Handbuch*. 4. Auflage.

[2] *Archiv für Hygiene*. Bd. XXII. S. 330.

verständlich ist aber die Wirkung zunächst nur eine scheinbare, indem die Keime nicht dabei zugrunde gehen, sondern nur anders verteilt werden. Ausgeschlossen ist dabei freilich nicht, daß mittelbar durch die Verdünnung der sie begleitenden gelösten Stoffe die Keime schädlich beeinflußt werden. Wir kommen damit auf eine neue Ursache der Selbstreinigung, die durch **Nahrungsmangel**. Auch in keimfreie, vor Licht, Luft und Kälte geschützte Wässer ausgesät, pflegen ja die meisten Bakterien, wenn die Wässer nicht zu stark chemisch verunreinigt sind und die Einsaat nicht zu groß ist, früher oder später abzusterben, ohne sich vorher zu vermehren.[1] Man spricht dann gewöhnlich von Nahrungsmangel, kann freilich nicht mit Sicherheit sagen, wieweit noch positiv schädliche, gewissermaßen „giftige" Eigenschaften des Wassers an der Wirkung beteiligt sind. Daß das allerreinste destillierte Wasser manche Bakterien sogar schnell tötet, wissen wir ja.[2] In den natürlichen Wässern handelt es sich freilich allermeist nur um eine langsame Schädigung, die man aber deshalb vom „Verhungern" nicht trennen kann. Es ist möglich, daß die Keimverminderung, die im Wasser der künstlichen und natürlichen Seen regelmäßig eintritt, und die wir auch in manchem unserer Versuche mit pathogenen Bakterien (s. o.) beim Fehlen anderer Schädlichkeiten beobachteten, mehr oder weniger auf dem Nahrungsmangel beruht.

Überschätzen darf man indessen diesen Einfluß nicht, gibt es doch eine ganze Gruppe von Keimen, die sogen. **Wasserbakterien**, die mit der geringsten kaum merkbaren Menge von Nahrungsstoffen auskommen, ja sich dabei üppig vermehren können. Für unrichtig halte ich deswegen den Satz Spittas[3], die zunehmende Keimarmut des Wassers (im Flusse) sei die Folge des allmählich eintretenden Nahrungsmangels. Sobald man Wasser, woher es auch stammen möge, ins Laboratorium bringt, pflegen ja seine Keime anszuwachsen. Ausnahmen kommen vor[4], und sind auch von uns z. B. bei Rheinwasser beobachtet worden, wir können sie aber vorläufig nicht auf ihre Bedingungen zurückführen. Es müssen also außer dem Nahrungsmangel, der nur die anspruchsvolleren Keime trifft, unter natürlichen Bedingungen Einflüsse im Wasser vorhanden sein, die auch das Leben der Wasserbakterien beeinträchtigen, ihre Vermehrung verhindern, ja sie zum Teil

[1] Literatur bei Gotschlich in Kolle-Wassermanns *Handbuch*. Bd. I. S. 196.

[2] Ficker, *Diese Zeitschrift*. Bd. XXIX. S. 64.

[3] *Archiv für Hygiene*. Bd. XXXVIII. S. 260.

[4] Siehe schon bei Bolton (*Diese Zeitschrift*. Bd. I).



abtöten. Daß es Kräfte besonderer Art seien, ist wohl nicht anzunehmen, sondern man wird sie unter denselben suchen müssen, deren Wirkung auf pathogene und nicht pathogene Bakterien wir früher erörtert haben. Nur wird man für die Wasserbakterien insofern eine Ausnahme zulassen müssen, als sie durch die Züchtungsbedingungen im Laboratorium offenbar so begünstigt werden, daß die Hemmungen ihnen gegenüber da nicht mehr zur Geltung kommen. Worauf das beruht, ist vorläufig ziemlich rätselhaft. Wir wissen nur, daß wahrscheinlich die Gefäßwandungen eine gewisse wachstumbefördernde Bedeutung haben.[1]

Aus den vorstehenden Erörterungen ziehen wir den Schluß, daß es an Möglichkeiten, die Selbstreinigung zu erklären, nicht fehlt. Für welche der einzelnen Ursachen wir uns aber in erster Linie zu entscheiden haben, ist schwer zu sagen, wird übrigens auch in jedem Falle verschieden zu beantworten sein. Wesentliche Fortschritte wird man hier wohl nur machen können, wenn man die Verhältnisse statt im Laboratorium und im Kleinen, im Freien und im Großen studiert. Besonders empfehlen sich zu solchen Studien Wasserbecken. Möglicherweise würden schon künstliche genügen, jedenfalls hätten sie den Vorzug, daß man bei ihnen leichter die Versuchsbedingungen ändern könnte. Aber auch Talsperren würden sich vielleicht eignen, wenn man sie noch gründlicher als bisher studierte. Freilich hat gerade die Untersuchung der Wasserbecken gezeigt, daß deren organisches Leben ein recht verwickeltes ist. Es kommen nicht bloß Bakterien und Protozoen, sondern auch noch Algen und höhere Tiere in Betracht. Beziehungen zur Selbstreinigung — meist allerdings im chemischen Sinne gesprochen — hat man seit Pettenkofer immer wieder allen diesen verschiedenen Mikroorganismen zugeschrieben. Manche Leute stellen sich sogar den Kreislauf der Stoffe und Formen in der Weise vor, daß die Bakterien (und Algen) die toten organischen Stoffe zerstörten, die Protozoen dann die Bakterien fressen, und sie ihrerseits wieder den höheren Tieren zur Beute fallen. So einfach ist die Sache natürlich nicht. Vor allem macht es mir den Eindruck, als ob man den Bakterien eine viel zu wichtige Rolle zuteilte. Wachsen sie doch überhaupt nur ausnahmsweise im Wasser und ist doch ihre Masse vergleichsweise recht gering. Eine einfache Rechnung zeigt das. Nehmen wir z. B. an, daß jährlich durch die Barmer Talsperre 5000000 cbm Wasser hindurchgehen, daß jeder Kubikzentimeter des zufließenden Wassers etwa 1200 und jeder Kubikzentimeter des abfließenden Wassers etwa 200 Bakterien enthalte.

[1] Brödtler, *Berliner Dissertation.* 1891. — Vgl. auch die Versuche von Jordan, Zeit, Russel und Fuller mit durchlässigen Membranen S. 43. Über eigene Versuche wird demnächst Dr. Selter berichten.



Dann werden in den Stauwässern jährlich 1000 (Keime) × 5 Billionen (Kubikzentimeter) = 5000 Billionen Keime zugrunde gehen. Das Gewicht jedes Bakteriums (0·001 mm) soll durchschnittlich den tausendmillionsten Teil eines Milligramms betragen. Das Gesamtgewicht der im Stauwasser jährlich absterbenden Bakterienkeime betrüge demnach 5 kg (feuchtes Gewicht). Gegenüber der Masse der allein aus dem Becken herausgezogenen Fische ist das schon wenig, noch weniger verglichen mit der Gesamtmenge des Planktons. Nach den seit 1903 regelmäßig in der Remscheider Talsperre gemachten, übrigens auffällig niedrige Werte ergebenden Planktonbestimmungen wäre der durchschnittliche Gehalt auf 1 cbm 25 mg (Trockengewicht)[1]; angenommen diese Zahl gälte auch für die Barmer Sperre, so hätten wir im ganzen 125 kg Trocken- oder etwa 1000 kg feuchtes Gewicht. Dieses Mißverhältnis zwischen Plankton und Bakterien beweist natürlich noch nicht, daß nicht doch eine Beziehung zwischen beiden bestände. Insofern ergibt sich sogar unzweifelhaft eine solche, als nach den Remscheider Messungen und den zahlreichen in Nordamerika gemachten Beobachtungen das Plankton in Wasserbecken ein Maximum im Sommer, ein Minimum im Winter zeigt, also umgekehrt schwankt wie die Bakterienzahl. Darf man daraus den Schluß ziehen, daß die Entwicklung des Planktons die Keimzahl herabsetze? Die Möglichkeit kann nicht geleugnet werden, ist aber vorläufig nicht zu beweisen, da es sich ja auch um Vorgänge handeln könnte, die unabhängig nebeneinander herlaufen. Ebenso ist über die Art, wie sich etwa ein solcher Einfluß bemerkbar machen könnte, nichts sicheres zu sagen. Die erwähnten sehr sorgfältigen und umfassenden amerikanischen Beobachtungen[2] zeigen, daß die Protozoen eine verhältnismäßig geringe Rolle unter den Planktonorganismen spielen, im übrigen auch im Februar ihr Haupt- und im Juli ein Nebenmaximum zeigen und in vielen Stauwässern überhaupt vermißt werden. Viel mehr verbreitet sind die Diatomeen, Cyanophyceen und die übrigen Algen. Wie sollten sie aber gegenüber den Bakterien zur Wirkung gelangen? Die sonstigen hauptsächlich Flüsse betreffenden Planktonuntersuchungen, namentlich die Hulwas, Spittas und auch einige von Brezina in der Donau ausgeführte lehren uns zwar, daß gerade die niederen Tiere Stellen lieben, wo Abwässer sich in die Flüsse ergießen,

[1] Nach Spitta (*Archiv f. Hygiene*, Bd. XXXVIII, S. 165) betrug die geringste Menge des Planktons in verschiedenen Gewässern 30 mg, die höchste 106 grm! Auch Apstein (*Der Süßwasserplankton*, 1896) fand in natürlichen Seen viel höhere Mengen.

[2] Calkins, The seasonal distribution of microscopial organisms in surface water. *24. annual report of the state board of health of Massach.* 1892—93. S. 383. Viele Einzeluntersuchungen, die Talsperren betreffen, außerdem in den folgenden Reports unter dem Titel „Examination of water supplies“.

aber erstens ist es wahrscheinlich, daß sie sich nicht bloß von Bakterien nähren, sondern auch von leblosen organischen Resten und zweitens kommt es hier doch einzig und allein darauf an, ob, quantitativ gesprochen, ihre Tätigkeit von Bedeutung ist, und gerade das ist nicht leicht zu beurteilen. Nach dem im ganzen recht spärlichen Vorkommen der Protozoen in Flüssen sowohl wie im Talsperrenwasser und nach den oben beschriebenen Versuchen mit protozoenfreiem Wasser wird es mir schwer, auf ihre Mitwirkung bei der Selbstreinigung der Gewässer ein so großes Gewicht zulegen. Vielleicht liegen die Dinge anders bei der Schlammverzehrung am Boden der Gewässer. Über diese haben wir bisher trotz einiger neuerdings dazu gemachten Versuche (Spitta, Brezina) keine ausreichenden Beobachtungen.

Wenn wir im allgemeinen zugeben müssen, daß die Bakterien des stehenden und fließenden Wassers — von denen der eigentlichen Abwässer und des Schlammes ist hier keine Rede — sich unter natürlichen Bedingungen nicht vermehren, sondern im Gegenteil schneller oder langsamer ihrer Zerstörung entgegengehen, so betrifft dies Urteil zunächst nur die Gesamtzahl der Keime im Wasser. Die Möglichkeit, daß ein großer Teil abstürbe, ein kleiner sich — natürlich nur zeitweise — vermehrte, ist nicht ganz abzulehnen. Leider haben wir kaum ein Mittel, die Frage näher zu entscheiden. Wenn man oberflächlich die Bakterienarten, die im Flusse in verschiedener Entfernung von der Quelle der Verunreinigung gefunden werden, mit einander vergleicht, so bemerkt man keinen wesentlichen Unterschied, das Verhältnis der verflüssigenden zu den nicht verflüssigenden scheint sich z. B. nicht merklich zu ändern. Man könnte daraus schließen, daß die obige Vermutung nicht zutrifft, sondern die Bakterienarten im Wasser, wenn auch nicht gleichmäßig, aber doch sämtlich absterben. Sicher ist das freilich noch nicht, da die Untersuchung der Wasserkeime noch viel zu wünschen übrig läßt. Ob man mit Hilfe der mikroskopischen Zählmethode die Frage vielleicht lösen könnte, steht dahin. Umgekehrt darf man aber aus gewissen chemischen Vorgängen, so z. B. aus der sogen. Sauerstoffzehrung, deren Bedeutung neuerdings namentlich von Spitta, Kisskalt und Brezina betont wird, die aber zunächst nur eine im Laboratorium beobachtete Erscheinung ist, nicht auf ein wenigstens teilweises Wachstum der Keime im Flußwasser schließen. Selbst wenn der Sauerstoffverbrauch auch im strömenden Flußwasser in entsprechender Weise stattfände, könnte er doch wohl eher mit der „Selbstverbrennung“ auf eine Stufe gestellt werden, über deren Bestehen wir durch Untersuchungen an Hefen und Schimmelpilzen, sowie durch Hesses Arbeit für die Bakterien unterrichtet worden sind.



VIII. Filtrierversuche im kleinen und großen.

Auf dem Filtriervorgang beruht bekanntlich ganz wesentlich die bakteriologische Beschaffenheit nicht nur des künstlich filtrierten Oberflächenwassers, sondern auch die des „natürlich filtrierten" Flußwassers, des Grund- und Quellwassers. Es wäre deshalb wichtig genug, die Ursachen und die Bedingungen für die Wirksamkeit der Filter genau zu kennen. Leider sind wir davon noch ziemlich weit entfernt. Einigermaßen wissen wir freilich Bescheid über die Keimverhältnisse im Boden und in den verschiedenen Arten natürlich filtrierten Wassers, wir wissen, daß in vielen Fällen das Filtrieren einen vollständigen, in anderen einen mangelhaften Erfolg hat. Warum das so ist, wodurch sich die Verhältnisse im ersten von denen im zweiten unterscheiden, können wir dagegen nicht immer sagen. Nur dann scheint die Sache ohne weiteres klar, wenn Risse oder Spalten, durch die das Wasser fast ungehindert hindurchlaufen kann, sich nachweisen lassen. Für die übrigen Fälle begnügte man sich damit, dem Boden „schlechte Filtrationsfähigkeit" zuzuschreiben, von „grobporigem Boden" zu sprechen. Es fehlt aber an einer auf Versuchen beruhenden Begriffsbestimmung dafür. Wenn überhaupt Versuche gemacht worden sind[1], so beschränkten sie sich auf die Feststellung, daß Keime — z. B. auf 10 oder 20 ^{m} — durch den Boden hindurchdrangen, nicht in welchen Mengenverhältnissen sie es taten. Schließlich kommt es doch gerade auf letzteren Punkt ganz wesentlich an.

Was die künstliche Filterung durch Sand anlangt, so sollte man denken, daß deren wissenschaftliche Grundlagen besser bekannt seien, da man sich mit ihnen doch seit 20 Jahren befaßt hat. Sehen wir uns jedoch die Literatur darüber an, so finden wir auffallende Meinungsverschiedenheiten. Für die einen, die sich wesentlich auf die Arbeiten C. Fränkels[2] und Piefkes[3] berufen, ist das eigentlich Wirksame im Filter die Schlammschicht an der Oberfläche, die sog. „Filterhaut". Nach der zweiten Auffassung, die in Deutschland von Reinsch[4] und namentlich in Nordamerika von Fuller[5] auf Grund langjähriger in der Versuchsstation des Gesundheitsamts von Massachusetts gewonnener Er-

---

[1] Vgl. E. Pfuhl, *Diese Zeitschrift.* Bd. XXI, XXV, XXXI. — Abba, Orlandi u. Rondelli, *Ebenda.* Bd. XXXI. — K. B. Lehmann, *Methode f. prakt. Hygiene.* 2. Aufl. 1901. S. 245 u. 248.

[2] *Diese Zeitschrift.* Bd. VIII. S. 9.

[3] *Ebenda.* Bd. VII, S. 331 u. Bd. VIII, S. 115.

[4] Reinsch, *Centralblatt für Bakteriologie.* Bd. XVI. S. 881.

[5] Vgl. die Abschnitte „Filtration of water" in den *23.—26. annual report of the state board of health of Massachusetts.*



fahrungen vertreten wird, besorgt nicht die Schlammdecke, sondern die darunter liegende Sandschicht des Filters selbst den Hauptteil der Reinigung. Alle bisherigen Untersucher[1] stimmen darin überein, daß sich die Sandfilter kürzere oder längere Zeit einarbeiten müssen, um zufriedenstellende Leistungen zu geben, sei es, daß erst so die Bildung der keimdichten Schlammschicht gewährleistet wird, sei es, daß die Sandkörner im Filter selbst sich mit einer schleimigen, aus organischen Stoffen und Bakterien bestehenden Hülle überziehen müssen, um die Rohwasserkeime zurückzuhalten. Daß diese Keime auch einfach in den Poren des Sandes stecken bleiben können, teils weil sie größer sind als die Poren, teils weil sie mit so geringer Geschwindigkeit durch sie hindurchgehen, daß sie sich auf den Sandkörnern ablagern, daran wird bei der künstlichen Sandfiltration kaum noch gedacht, während diese Vorstellungen allgemein benutzt werden, um den Vorgang der natürlichen Filtration im Boden zu erklären.

Ich habe mich seit längerer Zeit bemüht, durch Versuche im kleinen und großen die hier bestehenden Lücken auszufüllen und ein eigenes Urteil zu gewinnen. In der Natur der Sache liegt es, daß die großen Versuche nur gelegentlich gemacht werden konnten und sich schon daher auf Jahre verteilen mußten; die Laboratoriumsversuche stammen meist aus den Jahren 1900 bis 1901, ich hätte sie gern vervollständigt, bin aber leider durch andere Arbeiten daran verhindert worden.

In erster Linie beabsichtigte ich festzustellen, ob frischer Sand denn wirklich nicht imstande sei, von vornherein Wasser genügend zu entkeimen. Da ich aber an die Zuverlässigkeit der bisherigen Versuche noch glaubte und die schlechten Ergebnisse auf die Benutzung zu flacher Filterschichten zurückführte, füllte ich zunächst den Sand in 10 bis 15^{cm} dicke eiserne Wasserleitungsrohre, die ich zu mindestens 6^{m} langen Stücken zusammensetzte. Die Sache war nicht nur schwierig auszuführen, sondern hatte auch keinen Erfolg, wohl deswegen, weil es nicht gelingt, den Sand genügend festzustopfen. Das ist vielleicht auch der Grund gewesen, daß Lehmann, der Mainsand in Röhren von 5 bis 20^{m} Länge einfüllte, nur mangelhafte Ergebnisse erhielt. Nach mannigfachen Änderungen des Verfahrens, die sich ebensowenig bewährten, wählte ich einfache, natürlich gründlich gereinigte Petroleumfässer und später beim Althändler gekaufte eiserne „Windkessel" von etwa 1^{m} Höhe und 75^{cm} Durchmesser und kam mit beiden sehr gut aus. Der mit einem Ablaufsrohr versehene Boden des Behälters wird zunächst mit groben Steinen und Kies bedeckt, dann der zu prüfende Sand aufgefüllt und mit einem

[1] Vgl. auch Kabrhel, *Archiv für Hygiene.* Bd. XXII.

Holzklotz möglichst festgestampft. Das Wasser wird durch eine Brause entweder unmittelbar auf die glatte Oberfläche gebracht oder in der Absicht, das Entlangströmen des Wassers an der Wand zu verhindern, in ein Blechgefäß mit durchlöchertem Boden eingeleitet, das in die Mitte des Sandes eingelassen ist. Als nötig erwies sich die letztere Vorsichtsmaßregel nicht, es wäre aber möglich, daß sie in Frage käme, wenn man die Versuche in der kühlen Jahreszeit vornähme. Fuller, der auch mit ähnlichen kleinen Filtern arbeitete, fand, daß ihre Leistungsfähigkeit durch Temperaturschwankungen im Winter erheblich beeinträchtigt wurde. Um die Filtergeschwindigkeit zu regeln, verband ich den Ablauf des Behälters durch einen Gummischlauch mit einem Glasrohr, dessen offenes Ende durch ein Stativ in beliebiger Höhe eingestellt werden konnte. Von dem Glasrohr aus wurde auch das Filter vor dem Beginn des Betriebes mit Reinwasser gefüllt.

Von grundlegender Wichtigkeit ist es natürlich, einen brauchbaren Maßstab zu haben, nach dem man die Reinigung des Wassers im Filter beurteilen kann. Die einfache Keimzählung versagt vollständig, wenn man es mit frisch hergestellten Filtern zu tun hat, mögen sie groß oder klein sein. Beobachtet man doch sehr häufig (s. u.) viel höhere Keimzahlen im Filtrat als im Rohwasser. Man muß also leicht erkennbare Testbakterien zusetzen. Ich habe mit dem besten Erfolge stets den altbewährten Prodigiosus benutzt. Neuerdings hat Hilgermann[1] den Einwand erhoben, der Prodigiosus eigne sich nicht als Testbakterium, weil er in keimhaltigem Wasser schnell sein Vermögen, Farbstoff zu bilden, verlöre. Ich kann das für die Zeitdauer, die für meine Filtrierversuche in Betracht kommen, nicht bestätigen, ebenso Dr. Selter, der die Angaben Hilgermanns neuerdings nachgeprüft hat; man muß freilich die Vorsicht üben, wenn zahlreiche andere Keime neben dem Prodigiosus vorhanden sind, das Wasser in gehörigen Verdünnungen zu untersuchen. Sehr zweckmäßig ist die Züchtung auf Kartoffelscheiben, auf die man leicht große Mengen Wasser bringen kann, während bei den Gelatineplatten die vorzeitige Verflüssigung stört.

Als Zulaufwasser benutzte ich in den Laboratoriumsversuchen stets das Bonner Leitungswasser, das fast keine eignen Keime enthält, auf das also der Einwand Hilgermanns von vornherein nicht zu passen scheint. Freilich zeigte sich bald, daß im Filter selbst die Keimfreiheit des Wassers nicht fortbestand, vielmehr sich nach dem Beginn des Filterbetriebes recht schnell zahlreiche Keime einfanden. Zum Teil mochten sie aus dem Sand einfach ausgespült, zum Teil erst durch Wachstum

[1] *Archiv für Hygiene.* Bd. LIX.

aus den Sand- und Wasserbakterien hervorgegangen sein. Erst nach viele Tage lang dauernder Benutzung des Filters sinkt die Zahl dieser Keime auf ein erträgliches Maß ab. Ich habe darauf nicht warten können, weil es mir darauf ankam, die Filtrierfähigkeit des frischen Sandes zu prüfen, und habe deswegen das Filter sofort nach seiner Zusammensetzung mit einprozentiger Karbolsäure, die man unten einfüllt und 1—2 Tage im Sande stehen läßt, keimfrei gemacht. 12 bis 24stündiges Durchspülen mit reinem Wasser genügt meist, um jede Spur der Karbolsäure zu entfernen, und die Zahl der eignen Keime des Wassers während der Dauer des Versuchs niedrig genug zu halten. Zunächst gebe ich die Zusammensetzung der Filtersande, dann die Ergebnisse der Versuche.

Zusammensetzung der Filtersande.

Korngröße	I (Scharfer Sand)	II (Sand)	III (Rheinkies)	IV (Ruhrkies)	V (Filtersand Barmen)	VI (ausgeschlämmt. Filtersand)
kleiner als 0·19 mm	4·0 Proz.	1·2 Proz.	0·7 Proz.	4·7 Proz.	2·1 Proz.	1·4 Proz.
0·19—0·42 mm	49·4 „	19·6 „	11·3 „	3·8 „	26·0 „	26·7 „
0·42—1·0 „	44·0 „	53·7 „	37·0 „	4·7 „	51·7 „	51·0 „
1·0 —2·0 „	1·5 „	12·7 „	17·3 „	6·9 „	11·8 „	11·5 „
2·0 —4·0 „	1·4 „	13·2 „	8·4 „	7·3 „	8·4 „	9·5 „
4·0 —6·0 „	—	—	5·7 „	9·0 „	—	—
über 6·0 mm	—	—	2·0 „	63·7 „	—	—
10 Prozent liegen unter der Größe	0·24 mm	0·35 mm	0·40 mm	0·94 mm	0·32 mm	0·33 mm
60 Prozent liegen unter der Größe	0·45 mm	0·70 mm	1·50 mm	über 6 mm	0·61 mm	0·63 mm

Versuch I. 28. V. Füllung des Fasses mit scharfem Sande (Nr. I). Filtergeschwindigkeit 30 mm stündlich. Im Zulauf 800 Prodigiosuskeime auf $^1/_{20}$ ccm. Das Wasser läuft beständig vom 29. Mai bis zum 1. Juni mit einer mittleren Temperatur von 14·5° C. Im Ablauf sehr viele Bakterien, da der Sand nicht keimfrei gemacht worden war. In den ersten 24 Stunden nur zwei Proben, beide ohne Prodigiosus, dann bis zum 1. Juni in Proben mit je $^1/_{20}$ ccm (von 20 facher Verdünnung je 1 ccm):

0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1 Prodigiosuskeime.

Also $^5/_{11}$ oder 0·5 Prodigiosus von 800 Keimen, d. h. 0·06 Prozent, gelangen durch das Filter.

Schon dieser erste Filtrierversuch ergab also einen unerwartet guten Erfolg. Um ihn zu bestätigen, wurde sofort ein neuer Versuch gemacht.

Versuch II. Derselbe Sand wie in Versuch I wird mit 0·5 bis 1 prozentiger Karbolsäure 2 Tage lang bei derselben Geschwindigkeit (30 mm)



durchgespült. Am 4. VI. 9 h morgens wird die Karbolsäure durch reines Leitungswasser ersetzt, um 12 h mittags durch Prodigiosusaufschwemmung (200 bis 800 Keime in $^1/_{20}$ ccm). Im Auslauf traten trotz des noch nachweisbaren Karbolsäuregehaltes schon am 5. VI. wieder mehrere Tausende gewöhnlicher Keime auf, gegen Abend sogar Hunderttausende. Auch Prodigiosuskeime sind zahlreich darunter, am 6. VI. sogar fast ebensoviel wie im Zulauf. Temperatur 19 bis 24 ^{0} C.

Das Ergebnis war diesmal sehr schlecht, wahrscheinlich weil der Prodigiosus im Filter gewachsen ist. Vielleicht sind die hohe Außentemperatur und die Reste der Karbolsäure, die als Nahrung dienen konnten, Schuld daran.

Versuch III. 12. VI. Füllung des Fasses mit Sand II, der etwas gröber ist wie Sand I, bis zu einer Höhe von 56 cm. Die Filtergeschwindigkeit schwankt von 10 bis 60 mm. Temperatur 17 ^{0}. Am 13. VI. Beginn der Filtration mit 12000 Prodigiosuskeimen im Zulauf. Im Ablauf am 14. VI. keine, am 15. VI. eine, am 16. VI. wieder nur eine Prodigiosuskolonie.

Hier hatten wir wieder einen sehr guten Erfolg.

Versuch IV. Dasselbe Filter wie in Versuch III wird vom 17. bis 19. VI. mit 1 prozentiger Karbolsäure gefüllt gehalten, dann 12 Stunden lang mit frischem Wasser durchgespült. Am 19. abends Beginn des Filterversuches mit einer ähnlichen Prodigiosusaufschwemmung und 12—30 mm Geschwindigkeit. Am 20. VI. erschienen nur vereinzelte Prodigiosuskeime neben wenigen anderen Bakterien im Ablauf. Am 21. VI. Steigerung der Geschwindigkeit auf 75 mm — ohne Änderung des Ergebnisses.

Sehr guter Erfolg. Wir gingen jetzt zu höheren Geschwindigkeiten über.

Versuch V. Dasselbe Filter wird vom 21. bis 23. VI. bei 60 bis 200 mm Geschwindigkeit mit reinem Wasser durchgespült. Am 23. VI fließt von $8^3/_4$ h bis $11^3/_4$ h eine starke Prodigiosusaufschwemmung (1600 Keime in $^1/_{20}$ ccm), dann frisches Wasser mit 150 bis 180 mm Geschwindigkeit auf das Filter. Im Auslauf um 9 h 0, um 10 h 1, um $11^1/_2$ h 12, um 3 h 3, um 6 h 0 Prodigiosuskeime (in $^1/_{20}$ ccm). Von 1600 Prodigiosi kamen also etwa 6 = 0·4 Prozent durch das Filter.

Der Erfolg blieb also gut. Es fragte sich, ob Erhöhung der Keimzahl im Zulauf daran etwas änderte.

Versuch VI. Dasselbe Filter bleibt vom 25. bis 27. VI. mit 1 Prozent Karbolsäure gefüllt, wird dann bis zum 28. VI. bei 180 mm Geschwindigkeit mit Frischwasser durchspült. Von 8·40 h bis 11·30 h morgens Zulauf von sehr starker Prodigiosusaufschwemmung (100 ccm Bouillon auf je 50 Liter) mit 200 bis 1000 Keimen in $^1/_{400}$ ccm, dann Reinwasser mit 150 mm Geschwindigkeit. Im Ablauf ($^1/_{400}$ ccm)



28. VI. um	$9^1/_2{}^{h}$ = 0	Prodig.	28. VI. um	$6^1/_2{}^{h}$	= 2	Prodig.
„ „	$10^1/_2{}^{h}$ = 1	„	29. VI. „	11^{h} mgs.	= 12	„
„ „	$11^1/_2{}^{h}$ = 1	„	30. VI. „	10^{h} „	= 10	„
„ „	$12^1/_2{}^{h}$ = 6	„	1. VII. „	10^{h} „	= 5	„
„ „	$2^1/_2{}^{h}$ = 7	„				

Zunächst ist also der Erfolg trotz sehr reichlichen Bakteriengehalts im Zulauf ein guter (0·5 Prozent), nachher sinkt der Keimgehalt im Ablauf aber nicht, trotzdem nur Reinwasser zuläuft, sondern steigt eher an und hält sich tagelang auf derselben Höhe. Die Ursache des Mißerfolges liegt wohl in der zu großen Bakterienmenge im Zulauf (80000—400000 Keime im Kubikzentimeter).

Die nächsten Versuche wurden mit ungesiebtem, gewachsenem Sande, sog. „Rheinkies", wie er überall im Rheintal aus dem Untergrund gewonnen wird, vorgenommen. Er enthält erheblich mehr grobe Bestandteile als die bisher benutzten Sande.

Versuch VII. 7. VII. Dasselbe Faß wird mit Rheinkies (Nr. III) gefüllt, bleibt bis zum Abend des 8. VII. in 1 Prozent Karbolsäure stehen und wird die Nacht bis zum 9. VII morgens mit Frischwasser durchspült. Dann Zulauf von dünner Prodigiosusaufschwemmung (10000 in Kubikzentimeter) während 5 Stunden, später Frischwasser. Geschwindigkeit 80^{mm}. Im Ablauf weder an diesem noch an den folgenden 2 Tagen Prodigiosuskeime. Temperatur 15^{0}.

Vorzüglicher Erfolg. Der Rheinkies war unter den Verhältnissen des Versuchs sogar völlig keimdicht.

Versuch VIII. Dasselbe Filter bleibt vom 13. bis 15. VII. mit Karbolsäure gefüllt und wird dann bis zum nächsten Morgen mit Reinwasser (150^{mm} Geschwindigkeit) durchspült. Temperatur draußen sehr hoch, aber im Faß wegen der reichlichen Durchströmung $16^1/_2{}^{0}$ C. Am 16. VII. wird von $7^1/_2{}^{h}$ morgens bis 10^{h} eine dünne Prodigiosusaufschwemmung (10000 Keime) zugeleitet, von 10 bis $11^1/_2$ eine ebensolche Aufschwemmung von Bac. coeruleus, von $11^1/_2{}^{h}$ frisches Wasser. Von $12^1/_2$ bis 2^{h} läuft das Filter leer, die letzten Teile des Ablaufs sind trübe. Die Temperatur des Wassers ist allmählich auf $19^1/_2{}^{0}$ C. gestiegen. Um $3·45^{h}$ gibt man plötzlich neue Prodigiosusaufschwemmung von oben auf das leere Filter, das zunächst zu tröpfeln anfängt, dann um $3·57^{h}$ einen trüben Wasserstrahl, seit $4·2^{h}$ wieder klares Wasser gibt. Von 6^{h} an läuft statt der Prodigiosusaufschwemmung Reinwasser auf das Filter. Am 17. III. 8^{h} morgens wird der Zulauf abgesperrt, um 9^{h} ist der Abfluß bis auf wenige Tropfen vollendet. Dann wird Reinwasser von oben auf das leere Filter gelassen, im Ablauf zeigt sich nach 5 Minuten zuerst tropfenweise, nach 7 Minuten ein Strahl trüben Wassers. Allmählich verschwinden Trübung und Luftblasen, und das Filter läuft wieder regelmäßig mit der Geschwindigkeit von 180 bis 200^{mm}.

Ergebnisse im Ablauf:

	16. VII.								
8·30 h	mgs.	0	Prod. in	$^1/_1$ ccm,	0	Prod. in	$^1/_{20}$ ccm,	0	Prod. in $^1/_{120}$ ccm
9·30 h	„	0	„	„	0	„	„	0	„ „
10·30 h	„	1	„	„	0	„	„	0	„ „
11·30 h	„	0	„	„	0	„	„	0	„ „
12·30 h	„	0	„	„	0	„	„	0	„ „
1 h	nachm.	3	„	„	0	„	„	0	„ „
3·57 h	„	0	„	„	0	„	„	0	„ „
4·2 h	„	5	„	„	0	„	„	0	„ „
5·15 h	„	2(?)	„	„	1	„	„	0	„ „
6·30 h	„	0	„	„	0	„	„	0	„ „
	17. VII.								
8 h	mgs.	—	„	„	3	„	„	1	„ „
8·30 h	„	—	„	„	10	„	„	1	„ „
9·8 h	„	—	„	„	19	„	„	7	„ „
9·13 h	„	—	„	„	8	„	„	1	„ „
9·25 h	„	—	„	„	7	„	„	2	„ „
11·30 h	„	—	„	„	2	„	„	1	„ „

Der Erfolg war also insofern glänzend, als zunächst weder Prodigiosus noch Coeruleus durch das Filter hindurchkamen. Erst bei der Entleerung des Filters traten einige Prodigiosuskeime im Abfluß auf, und deren Zahl steigerte sich vorübergehend noch, als das leere Filter von oben mit Prodigiosus neu gefüllt wurde. Immerhin blieb das Gesamtergebnis am ersten Tage ein vorzügliches trotz dieser Filterstörungen. Um so auffallender ist, daß am nächsten Tage, obwohl nur frisches Wasser durch das Filter lief, ziemlich reichliche Prodigiosuskeime im Ablauf erschienen. Es macht den Eindruck als ob sie durch den beständigen starken Wasserstrom schließlich durch das Filter hindurchgedrückt worden wären. Ein Durchwachsen während der Nacht ist wohl nicht anzunehmen. Auch hier war wieder eine Keimsteigerung nach Leerlaufen und Neuansetzen des Filters von oben bemerkbar.

Versuch IX. Dasselbe Filter wird am 17. VII. mit Karbolsäure gefüllt, vom 18. an mit Frischwasser durchspült und am Morgen des 19. von 9·30 h bis 11·10 h mit Prodigiosuswasser (72000 Keime in 1 ccm), von da an mit Reinwasser beschickt. Filtergeschwindigkeit 300 mm. Im Ablauf finden sich Prodigiosuskeime:

um 10·20 h	14	in 1 ccm	0	in $^1/_{20}$ ccm	0	in $^1/_{120}$ ccm
11 h	28	„	0	„	0	„
11·45 h	55	„	5	„	0	„
1 h	16	„	1	„	1	„
5 h	14	„	2	„	0	„



Das Ergebnis war auch hier trotz der hohen Geschwindigkeit und des starken Bakteriumgehalts im Zulauf recht gut. Es gelangten nämlich in den ersten unmittelbar in Betracht kommenden Perioden nur 29:72000 = 0·04 Prozent der Keim durch das Filter. Das Gesamtergebnis anzugeben, ist hier nicht möglich, weil die Keimzählung nicht lange genug fortgesetzt wurde.

Nachdem das Reinwasser noch bis zum 20. VII. durchgelaufen war, wurde das Filter abgebaut und auf seinen Prodigiosusgehalt untersucht.

Es fanden sich

		in der ersten Aufschw.,	in der 20. Verdünnung
an der Oberfläche		∞	∞
in 5 ccm	Tiefe	∞	∞
„ 10 ccm	„	sehr viel	viele
„ 20 ccm	„	viele	40
„ 40 ccm	„	30	5
„ 60 ccm	„	100	3

Die **Hauptmasse der Keime** war also **in der obersten Schicht des Filters stecken geblieben.** Doch enthielt auch der Sand in 10 bis 20 cm Tiefe noch viele Prodigiosuskeime. Leider wurden genauere Zählungen versäumt. Fuller erhielt ein ähnliches Ergebnis, fand aber bei genauer Zählung nur einen kleineren Bruchteil der überhaupt auf das Filter gebrachten Prodigiosuskeime in ihm wieder, so daß man annehmen muß, daß der größere Teil darin zugrunde geht. In den folgenden Versuchen wurde die Geschwindigkeit weiter gesteigert.

Versuch X. Rheinkies von der gleichen Beschaffenheit (Nr. III) wird am 28. VII. in das Faß gefüllt, bleibt bis zum 30. VII. unter Karbolsäure stehen oder wird bis zum Morgen des 31. mit Reinwasser (300 mm) durchspült. Von $8^1/_4$ bis 11 h läuft eine ganz dünne Prodigiosusaufschwemmung (800 Keime) mit 300 mm, bis 11·40 h mit 800 mm Geschwindigkeit, von 11·40 h bis 12·20 h eine etwas stärkere Aufschwemmung (6000 Keime) und nachher Reinwasser mit derselben Geschwindigkeit (800 mm) durch das Filter. Temperatur 16° C. Nach 4 h nachm. läßt man das Filter auslaufen und gibt um 5·17 h plötzlich einen dicken Strahl Prodigiosuswasser (6000 Keime) auf das Filter, so daß sich die Oberfläche schnell damit bedeckt. Der Ablauf, der zuerst trübe ist, klärt sich bald, wird aber nicht so stark wie dem Druck entspricht, sondern etwa 10 mal geringer. Offenbar hemmt die im Filter eingeschlossene Luft die Filtration. Im Ablauf finden sich:

		Prodig. in 1 ccm,	in $^1/_{20}$ ccm
um	9·45 h	0	0
„	10·45 h	?	?
„	11·30 h	8	0
„	12 h	13	0
„	12·20 h	20	4
„	1 h	5	0
„	4 h	2	

um	5·20 h	15 Prodig.	in 1 ccm	1	in 1/20 ccm
„	5·27 h	6 „	„	0	„
„	6·30 h	6 „	„	0	„

Der Erfolg war also der, daß von einer ganz dünnen Prodigiosusaufschwemmung bei 300 mm höchstens vereinzelte Keime, bei der riesigen Geschwindigkeit von 800 mm 1 Prozent durch das Filter traten. Von einer stärkeren Aufschwemmung schien eher etwas weniger hindurchzukommen. Die Entleerung und plötzliche Neufüllung des Filters von oben hatte wieder Keimsteigerung zur Folge.

Versuch XI. Faß wird mit ähnlichem Kies (Nr. III) gefüllt, wie gewöhnlich desinfiziert und durchgespült. Am 6. VIII. läßt man zunächst stundenlang eine dünne, dann eine dichtere Aufschwemmung von Prodigiosus, dann Frischwasser mit 360 mm Geschwindigkeit zulaufen, entleert nachmittags das Filter und füllt es nun von oben mit Coeruleus Wasser. Im Ablauf finden sich nur ganz vereinzelte Prodigiosus- und Coeruleuskeime.

Vorzüglicher Erfolg trotz Filterstörung wohl wegen der etwas geringeren Geschwindigkeit. Es wurde jetzt die Filterstärke verringert und die Geschwindigkeit wieder erhöht. Gleichzeitig versuchte ich die Verhältnisse, die bei Filterstörungen auftreten, dadurch aufzuklären, daß ich als Testbakterien vor und nach der Störung zwei verschiedene leicht nachweisbare Arten benutzte.

Versuch XII. 7. VIII. Faß wird zur Hälfte mit ähnlichem Sand, wie in dem letzten Versuch gefüllt, desinfiziert und mit Reinwasser durchspült. Am 8. von 8·20 h bis 10·12 h wird eine dünne Prodigiosusaufschwemmung (1600 bis 2000 Keime) mit 600 mm Geschwindigkeit auf das Filter geleitet, von 10·12 h bis 11·50 h eine stärkere Aufschwemmung (15000 Keime), dann Reinwasser bis 5 h nachm. Das Filter läuft jetzt trocken und wird von 6·10 h plötzlich von oben mit einer Coeruleusmischung (8000 Keime) beschickt. Ergebnisse im Ablauf:

um	8·25 h	0 Prod. in 1 ccm,	0 Prod. in 1/20 ccm
„	8·50 h	1 „ „	
„	9·20 h	1 „ „	
„	9·50 h	1 „ „	0 „ „
„	10·20 h	0 „ „	
„	10·50 h	13 „ „	
„	12 h	2 „ „	0 „ „
„	12·10 h	3 „ „	0 „ „
„	4·20 h	1 „ „	
„	6·12 h	38 „ „	1 „ „
„	6·13 h	22 Prod. + ? Coer. in 1 ccm,	5 Prod. + 1 Coer. in 1/20 ccm
„	6·16 h	34 Prod. + 3 Coer. in 1 ccm,	5 Prod. + 1 Coer. in 1/20 ccm
„	6·25 h	4 Prod. + 12 Coer. in 1 ccm,	0 Prod. in 1/20 ccm
„	6·45 h	1 Prod. + 12 Coer. in 1 ccm,	1 Prod. + 1 Coer. in 1/20 ccm



Der Erfolg ist, solange das Filter nicht gestört ist, **sehr bedeutend** trotz der starken Geschwindigkeit (etwa 0·05 Prozent). Die plötzliche Füllung des entleerten Filters von oben bewirkt, daß **größere Mengen der im Filter vorher festgehaltenen Prodigiosuskeime** im Ablauf erscheinen, aber nicht viel mehr als die gewöhnliche Anzahl (0·1 bis 0·2 Prozent) der im Zulauf vorhandenen Coeraluskeime durchtreten. Dieser Versuch stellt die Verhältnisse dar, wie sie sich bei Hochwasser bei einem Wasserwerk, das auf natürlich filtriertes Flußwasser angewiesen ist, ergeben (vgl. oben S. 28).

Versuch XIII. 11. VIII. Dasselbe Filter wird mit Karbolsäure desinfiziert, dann mit Flußwasser ausgespült. Am 13. VIII. läuft von 12 bis 1^{h} mittags eine Coeruleusaufschwemmung (10000 Keime) mit 600^{mm} Geschwindigkeit durch das Filter. Dann Entleerung und von 2·30 bis 4·25^{h} Füllung (von oben) und Spülung mit Reinwasser. Das Filter wird jetzt bis 4·50^{h} von neuem entleert und von 5·6 bis 6·20 mit Prodigiosusaufschwemmung, dann mit Reinwasser beschickt.

Im Ablauf finden sich

um 4·25^{h}	viel Coeralus in 1^{ccm},	13 Coeralus in $^{1}/_{20}$^{ccm}	
„ 4·30^{h}	„ „ „	14 „ „	
„ 4·40^{h}	„ „ „	11 „ „	
„ 4·50^{h}	„ „ „	20 „ „	(letzte Tropfen)
„ 5·10^{h}	„ „ „	50 „ „	
„ 5·11^{h}	„ „ „	150 „ „	
„ 5·13^{h}	„ „ „	80 „ „	
„ 5·20^{h}	„ „ „	35 „ „	
„ 6·10^{h}	65 Coeralus + 7 Prodig. in 1^{ccm},	1 Coeralus in $^{1}/_{20}$^{ccm}	
„ 8^{h}	60 „ + 3 „ „	4 „ „	

14. VIII. 8^{h} morgens. 10 Coeralus + 2 Prodig. in 1^{ccm}.

Der Verlauf ähnelt dem des vorigen Versuchs, mit dem Unterschied, daß hier Prodigiosus und Coeruleus die Rollen getauscht haben. Nach der ersten Entleerung und Neufüllung treten auffällig viel Coeraluskeime aus dem Filter in den Ablauf über, nach der zweiten ähnlichen Störung steigert sich ihre Zahl noch mehr, während der im Zulauf befindliche Prodigiosus nur in geringer Anzahl durchkommt. Daß die Coeraluskeime nicht bloß mechanisch in die Tiefe des Filters gerissen worden wären' sondern sich dort auch vermehrt hätten, wäre möglich, obwohl die Temperatur niedrig war.

Statt des gut filternden Rheinkieses wurde in den folgenden Versuchen der sehr viel durchlässigere Ruhrkies — Schotter mit viel lehmigen Bestandteilen — benutzt.

Versuch XIV. 24. VIII. Faß mit Ruhrkies (Nr. IV der Tabelle 73) gefüllt, desinfiziert und ausgespült. Am 26. VIII. wird das Filter von

$3 \cdot 15^h$ bis $4 \cdot 47^h$ nachmittags mit schwacher (1300 Keime), dann bis $5 \cdot 45^h$ mit starker Prodigiosusmischung (10000 Keime) und schließlich mit Reinwasser beschickt. Geschwindigkeit 600 bis 700 mm stündlich. Von $6 \cdot 30^h$ bis 7^h läuft das Filter leer und empfängt um $7 \cdot 2^h$ von oben eine Coeruleusaufschwemmung (10000 Keime). Der Ablauf bleibt danach längere Zeit trübe und unregelmäßig, kommt aber bis 8^h allmählich in richtigen Gang.

Es fanden sich im Ablauf

um	$3 \cdot 45^h$	65 Prodig. in 1 ccm,	8 Prodig. in $^1/_{20}$ ccm
„	$4 \cdot 15^h$	21 „ „ „	
„	$4 \cdot 45^h$	19 „ „ „	
„	$5 \cdot 15^h$		20 „ „ „
„	$5 \cdot 45^h$		mindestens ebensoviel
„	$6 \cdot 12^h$		1 Prodig. in $^1/_{20}$ ccm
„	$6 \cdot 30^h$		2 „ „ „
„	$6 \cdot 45^h$		6 „ „ „
„	$7 \cdot 4^h$	31 Prodig. +	4 Coerul. „ „
„	$7 \cdot 5^h$	18 „ +	12 „ „ „
„	$7 \cdot 8^h$	8 „ +	8 „ „ „
„	$7 \cdot 30^h$	4 „ +	10 „ „ „
„	$7 \cdot 50^h$	0 „ +	10 „ „ „

Der Versuch zeigt die außerordentlich schlechte Filtrierfähigkeit des Ruhrkieses. 3 bis 4 Prozent der Bakterien gehen von Anfang an durch das Filter. Die Entleerung und Neufüllung von oben bewirkt ähnliche Störungen wie im Versuch XII und XIII. Es kommen zunächst mehr „Filterbakterien" als „Wasserbakterien" hindurch. Der folgende Versuch XV mit Ruhrkies, der am 29. IX. begonnen wurde, hatte sogar noch schlechtere Ergebnisse, indem 10 Prozent der Zulaufbakterien im Ablauf des Filters erschienen.

Im nächsten Jahre setzte ich die Filterversuche fort, bediente mich aber jetzt statt des hölzernen Petroleumfasses eines eisernen Behälters mit geraden Seitenwänden (s. o.) und prüfte außer Rhein- und Ruhrkies auch gewöhnlichen Filtersand.

Versuch XVI. 2. VII. Füllung mit Rheinkies (**wie Nr. III**) **bis zu einer** Höhe von 80 cm. Desinfektion mit Karbolsäure. **Durchspülung mit reinem** Wasser. Am 5. VII. mittags von 11 bis 1^h Zulauf von **Prodigiosusmischung** (8000 Keime) dann von Reinwasser mit 300 mm Geschwindigkeit. **Im Ablauf** erscheint am ersten und zweiten Tage nur je ein **Prodigiosuskeim! Die übrigen** Keime sind zuerst spärlich, später durch Wachstum **im Filter sehr zahlreich.**

Versuch XVII. Gleichzeitig wurde ein ähnlicher **Versuch mit einem aus** Ruhrkies (Nr. IV) aufgebauten Filter gemacht. Hier **traten schon eine halbe** Stunde nach Beginn viele Prodigiosuskeime, um **$11 \cdot 55^h$, also etwa nach** 1 Stunde 120 in $^1/_{20}$ ccm durch das Filter hindurch.



Der Unterschied zwischen dem Rheinkies, der fast nichts durchläßt, und dem Ruhrkies, der wenig zurückhält, wird also wieder bestätigt.

Der Versuch XVIII ist eine Wiederholung des Versuchs XVI. Nur wurde die Filterschicht durch Abnahme von 30 cm Sand geschwächt. Von 5400 Prodigiosusbazillen im Zulauf traten vereinzelte (höchstens 1 Promille) durch das Filter durch.

Ein Versuch XIX mit Barmer[1] ungewaschenem Filtersand (Nr. V der Tabelle S. 73) zeigte diesen in einer Schicht von 80 cm und bei einer Geschwindigkeit von 600 mm ganz undurchlässig. Daran änderte sich auch nicht viel, als 30 cm Sand oben abgenommen wurden, und der Versuch ohne vorherige Desinfektion des Filters wiederholt wurde. (Versuch XX.) Von 13600 Prodigiosuskeimen im Zulauf kamen nur vereinzelte und zwar nachträglich, d. h. als schon die Spülung mit reinem Wasser wieder aufgenommen war, durch das Filter.

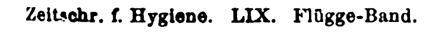
Der abgehobene Filtersand wurde auf seinen Prodigiosusgehalt mit dem Erfolg untersucht, daß in hundertfacher Verdünnung von der Oberfläche 100, aus 3 cm Tiefe 200, aus 10 cm 6, aus 20 cm 4, aus 30 cm Tiefe 0 Kolonien wuchsen (vgl. oben S. 77).

In den Versuchen XXI und XXII wurde gewaschener, d. h. von seinen tonigen Bestandteilen befreiter Filtersand (Nr. VI) mit ungewaschenem verglichen, ohne daß ein wesentlicher Unterschied festgestellt werden konnte. Beide Filter blieben trotz der riesigen stündlichen Geschwindigkeit von 600—900 mm fast undurchlässig. Entleerung und Neufüllung der Filter von oben bewirkte, daß einige Keime mehr im Ablauf erschienen.

Erst als die Filterstärke noch weiter — bis auf 20 cm Sand — herabgesetzt wurde, zeigte sich die Durchlässigkeit der Filter bedeutend und zwar in ungleichem Maße erhöht. Es traten durch den gewaschenen Sand etwa 1 Prozent, durch den ungewaschenen 1 Promille hindurch. Ob dieser Unterschied auf das Waschen zu beziehen ist, erscheint mir aber zweifelhaft. Auch Ungleichheiten in der Sandpackung könnten beteiligt sein.

Ein letzter länger dauernder Versuch XXIII wurde mit ungewaschenem Barmer Sande in 40 cm hoher Schicht angestellt. Diesmal wurde die Desinfektion unterlassen und nur eine Spülung mit Reinwasser vorangeschickt, was zwar eine starke Vermehrung der gewöhnlichen Keime im Ablauf bewirkte, aber doch die Beurteilung nicht wesentlich erschwerte. Erst nach vielen Tagen ging die Zahl der Filterbakterien wieder herunter. Vom 30. VII. bis 1. VIII. lief eine Prodigiosusmischung mit 10000 bis

[1] Der Filtersand war selbstverständlich noch nicht zur Filterung von Wasser benutzt worden.




30000 Keimen und einer Geschwindigkeit von 480 bis 360 mm durch das Filter. Der Ablauf enthielt am ersten Tage keinen Prodigiosus, am zweiten und dritten Tage erschienen aber 20—40—60 Prodigiosuskeime in jedem Kubikzentimeter. Die Durchlässigkeit der Filter schien also bei fortgesetzter Benutzung erheblich zu sinken; der Schein trog aber, denn die Prodigiosusbazillen nahmen auch nicht ab, als am Mittag des 1. VIII. die obersten 3 cm des Filters beseitigt und reines Wasser durch das Filter geschickt wurde, die Keime des Zulaufs setzen sich also zunächst fast sämtlich im Filter fest und werden erst später aus dem Filter wieder ausgespült. Eine gewisse Steigerung der Durchlässigkeit für Bakterien ist freilich unverkennbar, denn am 2. VIII. wurde wieder Prodigiosus zugeleitet mit dem Erfolge, daß jetzt sofort 100 Keime — also nicht viel weniger als 1 Prozent durchkamen. Die Steigerung der Durchlässigkeit zeigte sich übrigens auch darin, daß bei gleichem Druck jetzt mehr Wasser durch das Filter ging. In den folgenden Tagen wurde der Prodigiosus im Zulauf wieder fortgelassen, die Geschwindigkeit des Wassers im Filter aber auf 600 mm verstärkt, um eine gründliche Ausspülung zu bewirken. In der Tat erzielte man, daß die Prodigiosuszahl im Auslauf am 5. VIII. auf 3, am 6. VIII. auf 1, gleichzeitig aber auch die Durchlässigkeit für Wasser herunterging. Vom letzteren Tage bis zum 7. VIII. wurde wieder Prodigiosus zugeführt. Im Auslauf zeigte sich davon in den ersten Stunden etwa 1 Promille, am zweiten Tage 1 Prozent. Die Durchlässigkeit für Bakterien war also zunächst wieder gestiegen. Als nach dem 7. VIII. der Prodigiosus im Zulauf wieder fortgelassen wurde, sank seine Zahl im Verlauf allmählich, aber langsam. Noch am 12. VIII. wurde ein halbes Dutzend Keime in jedem Kubikzentimeter gefunden.

Wir dürfen uns nicht verhehlen, daß diese unsere Versuche den bisherigen Erfahrungen völlig widerstreiten. In erster Linie beweisen sie, daß die übliche Ansicht, nach der frischer Sand Bakterien so gut wie gar nicht zurückhält, durchaus irrig ist. Ob man reinen Filtersand[1] oder feinen Mauersand oder an Ort und Stelle gewachsenen „Rheinkies" benutzt, ob man mit kleinen oder großen Geschwindigkeiten arbeitet, stets beobachtet man, daß der Sand in Schichten von 60 bis 80, auch schon von 20 cm nur einen ganz geringen Prozentsatz der im zugeleiteten Wasser befindlichen Keime durchläßt. Eine Ausnahme machte in unseren Ver-

[1] Ich habe den Filtersand von zahlreichen anderen Städten auf seine Zusammensetzung geprüft und keine wesentlichen Unterschiede gegenüber dem Barmer Sand gefunden.



suchen nur der „Ruhrkies“, der sich durch seinen außerordentlichen Reichtum an groben Bestandteilen von allen anderen Sandarten unterscheidet. Durch ausgedehntere Versuche namentlich mit künstlichen Sandmischungen könnte man wohl entscheiden, worauf die zurückhaltende Kraft des Sandes beruht. Vorläufig scheint uns die Bestimmung der Korngrößen und der beiden Hazenschen Grundzahlen (Tab. S. 73) einen brauchbaren Maßstab für die Filtrierfähigkeit des Sandes abzugeben. Wenn wir keine wesentlichen Unterschiede zwischen unseren Sanden Nr. I bis III, V und VI gefunden haben, so liegt das vielleicht daran, daß wir immer noch zu dicke Filterschichten gewählt haben.

Die Filtriergeschwindigkeit, die Temperatur, die Zahl der Keime im Zulauf ist ebenfalls von unzweifelhaftem Einfluß auf den Erfolg. Unsere Erfahrungen berechtigen uns aber noch nicht mathematische Formeln dafür aufzustellen. Allzu hohe Temperatur und Keimzahl scheinen insofern die Bedingungen völlig ändern zu können, als sie auch den Testbakterien das Wachstum im Filter ermöglichen.

Worauf ist nun aber die bisherige entschieden irrtümliche Auffassung von der Filtrierfähigkeit des Sandes zurückzuführen? Zunächst ist daran schuld, daß man meist nicht mit leicht kenntlichen Bakterien wie dem Prodigiosus gearbeitet hat, sondern sich auf die Zahlen der Wasserbakterien im Filtrat verlassen hat. Das ist ein gänzlich unbrauchbarer Maßstab, da sich die Bakterien des Sandes selbst und des Wassers in natürlichen und namentlich in künstlichen Filtern, besonders bei Beginn der Filterperiode in ganz unkontrollierbarer Weise vermehren. Fuller erhielt in seinen zahllosen Filterversuchen stets eine erheblich niedrigere „bacterial efficiency“ (d. h. prozentische Verringernng aller Bakterien im filtrierten Wasser) als „bacterial purification“ (d. h. Verringerung der zum Zulauf gesetzten Prodigiosuskeime). Die einfache Keimzählung läßt also die Filtrierfähigkeit regelmäßig in zu ungünstigem Lichte erscheinen. Wie weit das bei frischen Filtern gehen kann, sieht man an der folgenden Übersicht, die ich nach den absoluten Zahlen des 25. Reports[1] berechnet habe. Durch Versuchsfilter aus mittelfeinem Sand, die frisch aufgebaut worden waren (Nr. 43, 44, 46 und 49) kommen in der ersten und zweiten Woche ihres Betriebes von den Bakterien des Zulaufs hindurch:

		Nr. 43 Proz.	Nr. 44 Proz.	Nr. 46 Proz.	Nr 49 Proz.
Erste Woche	vom Prodigiosus	1,8	2	2,4	0,5
	von den übrigen Bakterien	67	19,5	17	38
Zweite Woche	vom Prodigiosus	0,4	0,5	0,3	0,02
	von den übrigen Bakterien	20	6,4	1,8	2,7

[1] A. a. O. S. 494.



Die Prodigiosuszahlen der ersten Woche sind für uns deshalb wertvoll, weil sie uns an einigen Beispielen zeigen, daß in der Tat die Sandfilter, wenn sie frisch sind, in den Händen anderer Untersucher keine glänzenden Ergebnisse geliefert haben. Leider sind es Durchschnittszahlen, nicht solche für die ersten Tage und Stunden. Es ist vielleicht anzunehmen, daß diese noch viel schlechter gewesen sind. Weitere und genauere Angaben über Versuche mit frischen Filtern haben wir in den amerikanischen Berichten nicht gefunden. Nur aus einer Stelle des 26. Reports[1] scheint hervorzugehen, daß die amerikanischen Forscher früher, als sie mit Filtern aus feinem Sand und mit kleineren Geschwindigkeiten arbeiteten, auch in den ersten Tagen des Betriebes erheblich bessere Erfolge erzielt haben.

Was sonstige Versuche anlangt, so sind genauere Mitteilungen über die Ergebnisse der Filtration in den ersten Tagen des Betriebs auch auffallend spärlich. Nur in der Tab. Ia bei Fränkel und Piefke finde ich angegeben, daß am ersten Tage im Zulauf 1920 violette Bakterien, im Ablauf der beiden Filter 972 und 825 Keime vorhanden gewesen wären. Das sind fast unglaublich hohe Zahlen, um so unglaublicher, als am zweiten Tage die Wirksamkeit der Filter schon so groß war, daß nur 10 bis 20 von 5000 Keimen hindurchgingen und trotzdem sich weder Druck noch Geschwindigkeit in den beiden Filtern geändert hatten.

Wenn man für diese abweichenden Erfahrungen überhaupt eine Erklärung versuchen wollte, so könnte sie nur darin gefunden werden, daß man sonst die Filter nicht so fest gestopft hat, wie ich die meinigen. Ich habe es als selbstverständlich erachtet, den Sand durch eine hölzerne Ramme so zusammenzustampfen, daß er in seinem Gefüge einigermaßen einem natürlich gewachsenen Sandboden entsprach. In den Versuchen anderer mag der Sand erst allmählich unter dem Druck des Wassers diese Dichte gewonnen haben.

Eine zweite Tatsache, die aus unseren Versuchen hervorgeht, ist die, daß das Sandfilter häufig bei weiterem Betriebe durchlässiger wird, oder mindestens einen Teil der Keime, die es in der ersten Zeit festgehalten, nachträglich wieder freigibt.[2] In den früheren Versuchen, in denen wir mit geringer Geschwindigkeit arbeiteten, haben wir diese Erscheinung in schwachem Grade oder gar nicht beobachtet, später bei Benutzung einer Geschwindigkeit von 300 bis 800^{mm} ganz regelmäßig. Wie haben wir uns das zu erklären? Ist Wachstum der Keime

[1] S. 595.

[2] Schon Kabrhel hat das beobachtet, aber nur in beschränktem Maßstabe, insofern die Keime, die durchgingen, zunächst zahlreicher waren und später immer spärlicher wurden. Der Unterschied ist wohl dadurch begründet, daß seine Filter lange Zeit eingearbeitet waren.



im Filter daran Schuld? oder besteht das Wesen der Filterung im (frischen Sand) nur darin, daß die Fortbewegung der Keime im Filter verlangsamt, nicht völlig gehemmt wird? Oder verlieren die Keime unter dem Einfluß der reichlichen Durchströmung mit Wasser die Klebrigkeit, die sie ursprünglich an die Außenwände der Sandkörner gefesselt hat? Oder bilden sich endlich unter der Einwirkung des Wasserdruckes und der unausbleiblichen Temperaturschwankungen und Luftansammlungen im Filter grobe Spalten im Sande? Die erstere Möglichkeit glaube ich für gewöhnlich ausschließen zu müssen, die letztere wird sich bei unseren Versuchsfiltern nicht selten verwirklichen, aber auch die beiden anderen sind im Auge zu behalten.

Es liegt auf der Hand, daß in unseren im wesentlichen undurchlässigen Filtern Störungen, welche die Oberfläche betreffen, z. B. Fortnahme der oberen Sandschicht, keine erheblichen Änderungen im Erfolge bedingen können, höchstens würde ein Aufrühren der Oberfläche bei deren reichlichem Keimgehalt wirken wie eine Steigerung der Keimzahl im Zulaufe. Die öfters wiederholten Versuche (VIII u. ff.), in denen die Filter völlig entleert und dann von oben plötzlich mit Reinwasser oder Bakterienmischungen neu beschickt wurden, haben gezeigt, daß dadurch nicht unerhebliche Störungen gezeitigt werden können, aber weniger die Durchlässigkeit der Filter für die Keime im Zulauf gesteigert wird, als die Keime der Filter selbst (im natürlichen Filter die Bodenkeime vgl. S. 28) in Bewegung gesetzt werden und im Auslauf erscheinen. Die durch den plötzlichen Ablauf und Andrang des Wassers entstehenden Luftpressungen in allen Teilen des Filters erklären dies wohl genügend.

Wenn durch unsere Versuche die üblichen Vorstellungen über die Filtrierfähigkeit des Sandes als unrichtig erwiesen worden sind, so folgt daraus natürlich noch nicht, daß die älteren beim Betrieb mit Sandfiltern im großen und kleinen gemachten Erfahrungen unbrauchbar seien. Im Gegenteil müßte man erst abwarten, ob die Erhöhung der Filtrierfähigkeit, die man im kleinen durch Feststampfen des Sandes erreichen kann, im Großbetriebe wirklich eintreten wird, und ob man dadurch die Gefahren, die bisher beim Ansetzen neuer Filter und beim Reinigen alter Filter bestanden haben, verhüten kann. Jedenfalls ist die Bedeutung der Filterhaut und des die Sandkörner auch in den unteren Schichten umhüllenden Schleims für locker gebaute Filter kaum anzuzweifeln. Nur durch diese Eigenschaften erzielt man mit länger eingearbeiteten Filtern mit Sicherheit Reinigungserfolge von 1 : 1000 und mehr (Fränkel und Piefke, Kabrhel, Fuller[1]). Was die Wertschätzung einerseits

[1] Vgl. Anm. auf S. 93.



der Filterhaut und andererseits der Sandverschleimung anlangt, so geben uns bisher nur die Erfahrungen der amerikanischen Versuchsanstalt genügende Grundlagen für die Beurteilung an die Hand. Danach ist nicht zu bezweifeln, daß die Verschleimung die für die Filtrierfähigkeit bei weitem wichtigere Eigenschaft ist; denn Beseitigung der Filterhaut beeinträchtigte die Leistung der Filter — gemessen an der Entfernung der Prodigiosuskeime aus dem Wasser — oft nicht in geringstem Maße. Immerhin bestehen auch Ausnahmen, deren Ursache, soweit ich sehen kann, nicht genügend aufgeklärt ist. Ich selbst habe an Versuchsfiltern keine Erfahrungen über diese Frage sammeln können, weil ich sie nicht lange genug im Betrieb gehalten habe. Um so wichtiger ist ein Versuch, den ich vor kurzem im Großen an den Filtern der Barmer Talsperre machen konnte.

Ich arbeitete an zwei nebeneinanderliegenden Filtern, die in jeder Beziehung einander vergleichbar waren, je 236 ^{qm} Oberfläche, eine Sandschicht von 48 ^{cm} und annähernd gleiches Alter hatten, und beide stets mit 200 ^{mm} Geschwindigkeit und dem gleichen Wasser betrieben worden waren. Filter III, das vor 8 Tagen zum letzten Male gereinigt worden war durch Wegnahme einer Schlammschicht von 1 ^{cm}, wurde bei 900 ^{mm} Druck in regelmäßigem Betrieb gelassen und zur Feststellung der normalen Leistungsfähigkeit des Filters benutzt. Filter IV, das 19 Tage vorher gereinigt worden war und zuletzt mit einem Druck von 1100 ^{mm} gearbeitet hatte, wurde am 22. V. entleert und von der obersten Schlammschicht in einer Dicke von 3 ^{cm} befreit. In der Nacht zum 23. V. begann man das Filter mit Reinwasser von unten und in den frühesten Morgenstunden mit Rohwasser von oben zu beschicken, so daß es beim Beginn des Versuchs über der Sandfläche beider Filter in gleicher Höhe (1500 ^{cm}) stand. Um 6 ^{h} morgens wurde Filter IV mit der üblichen Geschwindigkeit von 200 ^{mm} und dem Anfangsdruck von etwa 200 ^{mm} wieder in Betrieb gesetzt.

Von 6·20 ^{h} an brachte man in die den Filtern III und IV vorgelagerten Rohwasserkammern (von je 67 ^{cbm} Inhalt) Prodigiosus ein und zwar so, daß man die Mischung aus einem Eimer (I) mit einem Schöpflöffel alle Viertelstunden über die Oberfläche verteilte. Nach 8 Stunden wurde damit aufgehört. Der Prodigiosus stammte von 10 Agaroberflächenkulturen in Erlenmeyerkolben und war zuerst in einer Flasche, dann in einem Eimer mit Rohwasser aufgeschwemmt worden. Zur Zählung der Prodigiosuskeime im Zulauf wurden von Zeit zu Zeit aus dem Eimer I Verdünnungen und Kulturen auf Kartoffelscheiben, Gelatine und Agar angelegt, und ebenso Proben untersucht aus mehreren Eimern, die mit Rohwasser gefüllt, mit der dem Zulauf entsprechenden Prodigiosusmenge geimpft und dann in das Wasser der Rohwasserkammern eingehängt worden waren, um 24 Stunden darin zu verbleiben. Auf diese Weise wollte ich den Einfluß, den der Aufenthalt im Rohwasser für den Prodigiosus bedingt, bestimmen, um ihn etwa in Rechnung setzen zu können. Ich bemerke vorweg, daß von einer solchen Einwirkung kaum etwas zu merken war. Die aus diesen Eimern erhaltenen Prodigiosuszahlen



schwankten vom Morgen bis zum Abend des 23. V. überhaupt nur zwischen 1900 und 2500 und waren am folgenden Morgen auch erst auf 1600 gesunken. Der Prodigiosus vertrug also den Aufenthalt in diesem Rohwasser, das freilich sehr keimarm war (ca. 100 im Kubikzentimeter) ausgezeichnet. Im ganzen flossen jedem Filter während der 8 Stunden je 1000 Milliarden Keime zu (nach der Kartoffelkultur berechnet). Von $1 \cdot 30^h$ nachmittags des 23. V. bis $3 \cdot 30^h$ des 24. V. wurden Proben aus dem Reinwasser und zwar nahe dem Filterablauf entnommen und auf verschiedene Nährböden in Mengen von mehreren (4) Kubikzentimetern verteilt. Dabei entwickelten sich die Kolonien auf Agar und Gelatine etwas zahlreicher als auf Kartoffeln, ich habe aber in der folgenden Übersicht nur die letzteren berechnet, weil ich die Kulturen hauptsächlich auf ihnen angelegt hatte.

Es wachsen durchschnittlich von je 1 ccm des Reinwassers auf Kartoffeln Prodigiosuskeime in folgender Zahl:

		Filter III	Filter IV
23. V.	$1 \cdot 30^h$	9	48
"	$3 \cdot 30^h$	8	125
"	$5 \cdot 30^h$	13	210
"	$7 \cdot 30^h$	17	163
"	$9 \cdot 30^h$	18	18[1]
"	$11 \cdot 30^h$	10	100
24. V.	$4 \cdot 30^h$	6	73
"	$7 \cdot 30^h$	5	40
"	$11 \cdot 30^h$	1	23
"	$3 \cdot 30^h$	3	27

Die Gesamtzahl der durch die Filter hindurchgegangenen Prodigiosuskeime läßt sich etwa in folgender Weise berechnen. Jedes Filter förderte in 24 Stunden 1100 cbm Wasser, in 12 Stunden also 550 cbm. In den ersten 12 Stunden (von mittags des 23. V. bis 12^h mitternachts) wuchsen aus dem Reinwasser von III 76 Keime in 6 Proben, also im Mittel 12 aus jedem Kubikzentimeter; von Mitternacht bis Mittag des 24. V. können etwa 5 auf jeden Kubikzentimeter gerechnet werden, in den folgenden 12 Stunden etwa 1 Keim. Die nach 6 bis 12^h morgens am 23. durch das Filter getretenen Keime können wohl vernachlässigt werden. Wir hatten also im ganzen: $(12 + 5 + 1) \times 550$ Millionen oder 8800 Millionen Prodigiosusbazillen im Reinwasser von III gegenüber 10 Milliarden im Rohwasser, also eine Leistungsfähigkeit der normal betriebenen Filter von etwa 0·9 Proz. Ebenso berechnet sich die Zahl der Keime für Filter IV auf etwa 110 Milliarden, das macht eine Leistung des frischgereinigten Filters von 11 Proz.

Die Entfernung der Filterhaut hat also die Leistung des Filters um das 12fache verschlechtert, denn statt 0·9 in Filter III kamen 11 Prozent der Prodigiosuskeime durch Filter IV hindurch.[2]

[1] Diese Zahl ist wohl fehlerhaft, ich habe sie bei der Berechnung durch 130 ersetzt.

[2] Das Reinwasser aus Filter IV wurde vorsichtshalber 3 Tage lang nicht zur Versorgung benutzt.



Der Einfluß der Filterreinigung auf die Beschaffenheit des filtrierten Wassers ist also in unserem Falle recht bedeutend gewesen. Daraus folgt aber noch nicht, daß es immer so sein müßte. Eine Besonderheit der Barmer Filter ist die Keimarmut des Rohwassers, die auch in der größten Zeit des Jahres besteht, und die durch die günstigen Verhältnisse übrigens durchaus berechtigte starke Filtrationsgeschwindigkeit von 200 mm. Die mangelhafte Filterleistung scheint mir um so bemerkenswerter, als sie im Widerspruch steht zu den glänzenden Erfolgen, die ich mit dem Barmer Filtersand im Laboratorium erhielt. Es bleibt abzuwarten, ob man durch die Behandlung des Filters bei seinem Aufbau und seiner Reinigung seine Leistungen verbessern kann.

Leider habe ich keine Gelegenheit gehabt, quantitative Filterversuche in gewachsenem Boden von ähnlicher Zusammensetzung, wie sie der zu den meisten Laboratoriumsversuchen benutzte Sand hatte, zu machen. Die tiefe Lage des Grundwasserspiegels im Rheintal erschwert hier solche Versuche sehr. Die guten Erfolge, die man bei Hochwasser an den nahe beim Rhein gelegenen Wasserwerkbrunnen gewonnen hat[1], lassen es aber kaum zweifelhaft erscheinen, daß der Rheinkies auch an Ort und Stelle seine gute Filtrierfähigkeit bewahrt. Eine ganze Reihe von Versuchen im großen habe ich aber im Ruhrtal machen können. Die ersten bei Gelegenheit der Eröffnung des früher erwähnten Anreicherungsgrabens am Bochumer Wasserwerk (vgl. S. 37). Zunächst prüfte ich die Filtrationsfähigkeit des gewissermaßen „jungfräulichen" Ruhrkieses unmittelbar, nachdem die erste Strecke des Grabens und in einem Abstand von 25 m der erste Brunnen fertiggestellt war (Versuch A). Ich ging dabei so vor, daß ich unmittelbar nach Vollendung des Durchstichs zur Ruhr auf der dem Brunnen zunächst liegenden Uferstrecke des Grabens einen kammerartigen Raum von 20 m Länge und 5 m Breite durch undurchlässiges Segeltuch, das mittelst Stangen senkrecht im Wasser befestigt war, abgrenzte, den Brunnen mittelst einer Lokomobile möglichst kräftig abpumpen ließ[2] und gleichzeitig in die erwähnte Kammer 10 Zentner Kochsalz und große Mengen Prodigiosusbazillen einbrachte. Dann wurden von Stunde zu Stunde Wasserproben aus dem Brunnen entnommen und auf Chlor und Prodigiosus untersucht. Es stellte sich heraus, daß binnen sieben Stunden Chlor- und Bazillengehalt im Brunnen anstiegen und binnen 24 Stunden wieder abgefallen waren. Im Brunnenwasser ließen sich im ganzen drei Prozent der in die Kammer geschütteten Prodigiosusbazillen nachweisen. Auch hier erwies sich wieder der Wert des Prodigiosus als Maßstab der

[1] Vgl. Kruse, *Centralbl. f. allgem. Gesundheitspflege.* 1900. S. 128.
[2] Tägliche Ergiebigkeit mehrere Tausend Kubikzentimeter.



Filterung. Hätte man sich nach der Keimzahl gerichtet, so würde man auf das Verhältnis 2740:16500 = 17 Prozent gekommen sein. Nach Fertigstellung einer weiteren Grabenstrecke und eines zweiten Brunnens, der 50^{m} vom Graben entfernt war, wurde der Versuch wiederholt mit dem Erfolge, daß jetzt 3 Promille der Prodigiosuskeime im Brunnenwasser wiedergefunden wurden (Versuch B). Nachdem die Brunnen einige Monate in Betrieb gehalten worden waren, verringerte sich die Durchlässigkeit des Bodens so stark, daß im dritten Prodigiosusversuch überhaupt keine Keime mehr durchkamen.

Noch mehr einwandfrei ließ sich die Versuchsanordnung gestalten bei späteren Versuchen, die ich 1903/4 an einem Anreicherungsgraben des Gelsenkirchener Werkes bei Steele machte. Die ersten beiden sollten den Einfuß des Hochwassers auf die Filterung in den Anreicherungsgräben feststellen.

Versuch D. Der Anreicherungsgraben I, der 260^{m} lang, an der Sohle 2^{m} und in der Wasserlinie 14^{m} breit und 3^{m} tief ist, schickt das ihm aus der Ruhr durch ein Rohr zufließende Wasser in eine 50^{m} entfernte Filtergallerie, die mit einem Brunnen VIII schließt. Durch diesen Brunnen, der aus anderen Quellen nur wenig Wasser empfängt, muß also alles Wasser, das in dem Anreicherungsgraben versinkt, hindurch und kann hier auf seinen Keimgehalt untersucht werden. Die Wassermengen, die hindurchgehen, können sowohl im Brunnen mittels eines Geschwindigkeitsmessers, als auch an dem Zulauf zum Graben gemessen werden. Am 1. IX. 1903 morgens 9^{h} bei einem Wasserstand in der Ruhr von 55·4, im Graben von 54·3 und im Brunnen VIII von 54·1 wurde der Schieber nach der Ruhr geöffnet und gleichzeitig eine Prodigiosusmischung in den Einlauf geschüttet. Um 12^{h}, bei einem Wasserstand im Graben von 55·0 hörte man damit auf, das Ruhrwasser floß aber weiter zu, stieg bis 3^{h} auf 55·12 und hatte damit so ziemlich seinen höchsten Spiegel erreicht (Maxim. 55·18 am Abend 9^{h} und am folgenden Morgen). Der Wasserstand im Brunnen VIII stieg im Laufe des Tages — wohl unter dem Einfluß der starken Absaugung nur wenige Zentimeter und erst in der folgenden Nacht auf 54·3, während die Geschwindigkeit im Brunnen von $0·6^{m}$ (um 9^{h}) bis $1·2^{m}$ (um 3^{h}) zunahm. Die bakteriologische Untersuchung des Brunnenwassers ergab folgendes:

		Zahl der Keime (in ccm)	Zahl der Prodigiosusbazillen (im ganzen)	Zahl der geprüften ccm
1. IX.	11^{h}	4	0	2
„	12	4	0	3
„	1	8	0	2
„	2·30	9	0	3
„	3	19	2	2
„	4	28	4	3
„	5	68	5	3



		Zahl der Keime (in ccm)	Zahl der Prodigiosus-bazillen (im ganzen)	Zahl der geprüften ccm
1. IX.	7^h	164	11	5
"	8·30	159	4	3
"	9·30	182	4	3
2. IX.	12·30	—	0	2
"	2	—	0	2
"	3·30	—	0	2
"	5	—	0	2
"	6	—	0	1
"	7	—	0	1
"	8	251	0	2
"	9	180	0	3

Die Keimzahl im Grabenwasser schwankte außerordentlich (von 1000 s 9000).

Man sieht, daß die Prodigiosusbazillen nur während einer kurzen Spanne Zeit, nämlich von 3 bis $9 \cdot 30^h$ nachmittags und zwar größtenteils von 5 bis 7^h, am ersten Tage im Brunnenwasser wiedergefunden wurde.

Berechnet man den Durchfluß für diese 9 Stunden (3 bis 12^h) auf 2250^{cbm} und die durchschnittliche Prodigiosuszahl im Kubikzentimeter auf 1·5, was noch zu hoch erscheint, so wären 3375 Millionen Prodigiosuskeime durch das Bodenfilter hindurchgetreten. In den Graben hineingeschüttet wurden 3 bis 4000 Milliarden.

Das Ergebnis dieses Versuchs ist also, daß nur ein Promille der Prodigiosuskeime aus dem Graben in das Brunnenwasser traten, trotzdem die Filterkraft des Bodens durch das künstliche Hochwasser von $0{\cdot}8^m$ Höhe gestört war. Verließe man sich wieder bloß auf die Zahl der Wasserbakterien, so käme man mindestens auf mehrere Prozente.

Ein zweiter Versuch (E) am Anreicherungsgraben wurde am 10. Oktober 1903 unter viel ungünstigeren Bedingungen vollzogen. Das künstliche Hochwasser im Graben stieg hier binnen zwei Stunden auf 1^m, binnen acht Stunden auf $1{\cdot}4^m$. Die Ergebnisse waren dementsprechend schlechter.

Versuch E. Der Prodigiosus wurde von 8·10 bis $10 \cdot 20^h$ zugeschüttet, der Graben um $8 \cdot 10^h$ geöffnet. Man erhielt:

10. X.	Keimzahl	Prodigiosuszahl	Zahl der geprüften ccm	Berechnung
$8 \cdot 15^h$	35	0	1	8 bis 1^h morgens. 1116^{cbm} gingen durch Brunnen VIII mit $^1/_{16}$ Prodig. im ^{ccm}, also im ganzen 0·07 Milliarden Prodigiosus.
9·30	60	0	1	
10·30	45	0	3	
11	62	0	3	
11·30	105	1	3	
12	64	0	2	
1	245	0	3	

10. X.	Keimzahl	Prodigiosuszahl	Zahl der geprüften ccm	Berechnung
2·30	1800	6	4	1 bis 6^h nachmittags. 1527 cbm gingen durch Br. VIII mit $^{29}/_{13}$ Prodigiosus im ccm, also im ganzen 3·50 Mill. Prodigiosus.
3	2000	9	3	
4	4000	7	3	
5	5000	7	3	
6	5400	0	3	
7	—	2	2	6 bis 11^h abends. 1573 cbm mit $^{5}/_{13}$ Prod. im ccm, also im ganzen 0·60 Mill. Prod.
8	—	1	2	
9	—	1	2	
10	6000	1	4	
11. XI.				
6^h	—	0	2	2520 cbm mit $^{0}/_{10}$ Prodigiosus. Gerechnet werden aber $^{1}/_{16}$ ccm oder 0·18 Mill. Prod.
7	—	0	2	
8	—	0	3	
9	4500	0	3	
10	3000	0	3	

Die Hauptmenge des Prodigiosus kam hier zwischen 1 bis 6^h durch, am meisten um 3^h. Die Bewegung ist also beschleunigt, ebenso die Menge vermehrt. Denn wir haben 4·35 Milliarden Prodigiosus im Brunnenwasser auf etwa 435 Milliarden im Graben.

Die Keimzahl im Grabenwasser schwankte dieses Mal zwischen 50 000 und 100 000.

Das Bodenfilter läßt also bei diesem starken Hochwasser 1 Prozent Prodigiosus durch. Die Zahl der Wasserbakterien stieg in erheblich höherem Verhältnis. Wir haben daher früher (S. 28) den Schluß gezogen, daß ein sehr großer Teil der bei Hochwasser in den Wasserwerkbrunnen des Ruhrtales auftretenden Keime aus dem Boden selbst (dessen obersten Schichten) stammen muß.

War durch diese Versuche bewiesen, daß der Ruhrkies in einer Schicht von 50^m zwar durch äußere Störungen in seiner Filtrierfähigkeit beeinträchtigt werden kann, aber auch dabei noch das Vermögen besitzt, 99 bis 99·9 Prozent der Prodigiosuskeime abzufiltrieren, so war es von Interesse, die Leistungsfähigkeit kennen zu lernen, die er unter günstigen Bedingungen besitzt.

Versuch F.[1] Zu dem Zweck wurde die Prodigiosusmischung gleichzeitig mit 10 Zentner Viehsalz am 10. VIII. 04. abends von 9·30 bis $10·30^h$ während des normalen Betriebes in den Grabenzulauf geschüttet und das Brunnenwasser danach chemisch auf Chlor, bakteriologisch auf Prodigiosus geprüft. Die Ergebnisse waren folgende:

[1] Diesen und den folgenden Versuch habe ich gemeinsam mit Hrn. Dr. Bruns-Gelsenkirchen durchgeführt.



Entnahme in Br. VIII	Verbrauch v. Silberlösung[1]	Prodigiosuszähler[2]	Zahl der geprüft. ccm	Berechnung
11. VII.				
5^h morg.	3·1 ccm	—	—	4 bis 10^h 2500 cbm Wasser mit $^0/_{10}$ ccm Prodigiosus im ccm
7	3·2 (3·1)	0	4	
8	—	0	3	
9	3·2	—	—	
10	3·25 (3·2)	0	3	
11	—	0	4	10 bis 4^h 2500 cbm Wasser mit $^0/_{17}$ Prodigiosus im ccm
12	3·4 (3·2)	0	3	
1	3·4	0	5	
2·30	3·45	0	2	
4	3·5	0	3	
5	3·5	2	2	4 bis 10^h 2500 cbm Wasser mit $^3/_{14}$ Prodig. im ccm = 0·53 Milliarden Prod.
6	3·4	0	4	
7	3·3	0	4	
8	3·4	1	4	
11	3·3	0	8	10 bis 4^h 2500 cbm Wasser mit $^1/_{28}$ Prodig. im ccm = 0·09 Milliarden Prod.
12	3·25	0	4	
12. VIII.				
1	3·35	0	4	
2	3·2	0	4	
3	3·2	1	4	
4	3·2	0	4	
5	3·2	0	4	4 bis 10^h 2500 cbm Wasser mit $^0/_{14}$ Prodig. im ccm
6	3·15 (2·9)	0	4	
7·30	3·15	0	2	
8·30	—	0	2	
10	3·1 (2·9)	0	2	
11	—	0	2	10 bis 4^h 2500 cbm Wasser mit $^0/_8$ Prodig. im ccm
12	2·9	0	2	
1	—	0	4	
5	3·0 (2·9)	0	4	

Es kommen, wie man sieht bloß, vier Prodigiosuskolonien aus 95 ccm Brunnenwasser zum Wachstum, und zwar drei davon in der Zeit von 4 bis 10^h nachmittags, d. h. 18 bis 24^h nach dem Einschütten des Prodigiosus in den Graben. Auch der Chlorgehalt erreichte um diese Zeit seinen Höhepunkt. Da 4500 Milliarden Prodigiosus eingeführt wurden, kamen nur 0·53 + 0·09 : 4500, d. h. 0·013 Prozent hindurch.

[1] In Klammern stehen die entsprechenden Zahlen für das Ruhrwasser im Flußlauf. Wie man sieht, kommen auch da Schwankungen im Chlorgehalt vor. Auf Unterschiede von 0·1 ccm ist wohl nicht viel zu geben.

[2] Meist wie bei allen Prodigiosusbestimmungen auf Kartoffelscheiben festgestellt.

Der Erfolg der Filterung ist also so glänzend wie möglich. Von 8000 Keimen ging nur einer durch das Bodenfilter. Bekanntlich wird bei der künstlichen Sandfiltration kaum jemals ein so günstiges Ergebnis[1] erzielt. Das ist um so bemerkenswerter, als die Filtrationsgeschwindigkeit in unserem Falle eine etwas größere war, als bei der künstlichen Filtration zumeist verwendet wird. Während 24 Stunden traten nämlich in unseren Anreicherungsgraben 10 000 cbm ein. Als filtrierende Fläche standen im Graben zur Verfügung 3425 qm. Es versickerte das Wasser also durchschnittlich mit einer stündlichen Geschwindigkeit von 130 mm. An dem Erfolg beteiligt war vielleicht der Umstand, daß kurz vorher in den Graben eine Schicht von 30 cm Filtersand eingebracht war. Doch möchte ich darauf kein erhebliches Gewicht legen. Daß das Bodenfilter selbst bedeutender Leistungen fähig ist, bewies schließlich noch ein Versuch G, der an einem anderen neu hergestellten Graben von uns gemacht wurde.

Versuch G. Der im Sommer 1904 angelegte Graben II, der etwas größere Maße besitzt als I, aber nicht mit Filtersand bedeckt war, wurde vom 4. VIII. ganz langsam gefüllt, so daß erst nach 10 Tagen soviel Wasser hineinfloß, als einer Filtergeschwindigkeit von 100 mm entsprach. Diese Geschwindigkeit wurde beibehalten. Am 19. VIII. wurde zunächst ein Salzversuch vorausgeschickt, um einen Anhaltspunkt für die Feststellung der Keimzahlen bei den späteren Prodigiosusversuchen zu bekommen. Nach 12 Stunden hatte der Chlorgehalt in dem zugehörigen Brunnen XII seine Höhe erreicht, nach 24 Stunden war er wieder ungefähr der gewöhnliche. Demnach schütteten wir am 22. VIII. von 9 bis 10 h abends die Prodigiosusmischung in den Zulauf des Grabens und untersuchten von 3 h morgens an das Brunnenwasser in XII. Der erste Prodigiosus trat um 8 h morgens auf den Kartoffeln auf. Im ganzen fanden sich in 6 stündigen Zeitabschnitten:

von 9 h abends (22.VIII.)	bis 3 h morgens	(23.VIII.	in	0 ccm	0 Prodigiosus.
„ 3 h morgens	bis 9 h morgens	(23.VIII.)	„	18 „	2 „
„ 9 h „	„ 3 h nachm.	(23.VIII.)	„	43 „	4 „
„ 3 h nachm.	„ 9 h abends	(23.VIII.)	„	45 „	4 „

Am meisten Keime fanden sich von 8 bis 12 h, nämlich 5 in 36 ccm, in den folgenden 6 Stunden 2 in 45 ccm und um $7\frac{1}{2}$ h abends, als der Versuch abgebrochen wurde 3 in 17 ccm. Die Keime waren also etwas unregelmäßiger verteilt als in den vorhergehenden Versuchen.

[1] Die Zahl 1 : 7000, die Kabrhel als durchschnittliche Leistung seiner Sandfilter angibt, ist erheblich zu hoch, weil die nachträglich durchkommenden Keime von ihm bei der Berechnung nicht berücksichtigt worden sind. Bei Ausschluß aller Störungen erhielt Fuller (*26. Report*, p. 594) Leistungen von 0·10—0·00 Proz., durchschnittlich bei seinem Versuchfilter 1893 aber 0·19 Prozent.



Während dieser Zeit gingen 27 000 cbm durch den Brunnen XII hindurch (10 000 cbm vom Graben und 17 000 cbm von der Ruhr her). Es gingen also durch das Bodenfilter $0 + 0 \cdot 74 + 0 \cdot 6 + 0 \cdot 6 = 1 \cdot 94$ Milliarden Prodigiosus, während 3500 Milliarden in den Graben geschüttet worden waren.

Auch von dem ziemlich frischen Anreicherungsgraben wurden also nur 0·06 pro Mille der Keime (1 von 1800) durchgelassen. Man darf damit wohl zufrieden sein und darin eine Stütze meiner S. 39 ausgesprochenen Erwartung erblicken, daß die künstliche Beschaffung von Grundwasser durch Anreicherungsgräben eine Zukunft hat.

Alle diese Versuche lehren gleichzeitig, daß ein Boden, der wie der Ruhrkies bei Filtrierversuchen im Kleinen so außerordentlich mangelhafte Ergebnisse liefert, dadurch, daß man die Filterschichten im Großen entsprechend dicker wählt, doch leistungsfähig werden kann. Die auf der Oberfläche gebildete Filterhaut und die Verschleimung der tieferen Filterschichten spielen dabei wohl eine Rolle, aber wahrscheinlich nicht die ausschlaggebende.



Die Rauschbeere (Vaccinium uliginosum L.), ihre Verwechselung mit der Heidelbeere (Vaccinium Myrtillus L.) und ihr Nachweis in den Fäces.

Von

Dr. Jos. Nevinny,
o. o. Prof. der Pharmakologie und Pharmakognosie in Innsbruck.

Während eines Sommeraufenthaltes (1906) in Kitzbühel hatte ich Gelegenheit, mich mit einer angeblichen Vergiftung durch die Beeren von Vaccinium uliginosum zu beschäftigen. Auf einem botanischen Ausfluge in die nächste Umgebung des durch seine prächtige Lage und den als „heilkräftig" gerühmten Schwarzsee bekannten tiroler Städtchens traf ich ein mir bekanntes Bauernweib. Dasselbe erzählte, daß eines seiner Kinder Schwarzbeeren in großer Menge genossen und bald darauf erkrankt wäre. Das siebenjährige Kind soll an Übelkeiten, Erbrechen, Diarrhöe, dann aber auch an Kopfschmerzen, Schwindel, Benommenheit gelitten haben. Da die Person die Erkrankung des sonst ganz gesunden Kindes sich nicht erklären konnte, frug sie nach meiner Ansicht. Um mich darüber zu unterrichten, was die Kleine, die ohne jegliche ärztliche Hilfe rasch wieder gesund geworden war, für „Beeren" genossen hatte, ließ ich mir sie von ihr zeigen. Es stellte sich heraus, daß neben den Früchten des Heidelbeerstrauches auch jene der dazwischen wachsenden Sumpfheidelbeere verzehrt worden waren. Das kleine Mädchen hatte unterdessen wieder, trotz Verbotes mütterlicherseits, Beeren beiderlei Art genascht. Deshalb trug ich der Mutter auf, mich im Falle einer Wiederholung des Unwohlseins sofort zu benachrichtigen und die Fäces des Kindes aufzubewahren. Das Kind blieb aber gesund; in seinem etwas



festen Stuhle konnte ich Fetzen der Fruchtepidermis und erhaltene Samen beider Vacciniumarten nachweisen.

Die Rauschbeere oder Sumpfheidelbeere gehört in die Reihe jener Pflanzen, deren Genuß nicht nur vom Volke, sondern auch in der Wissenschaft bald als gesundheitsunschädlich, bald als giftig oder doch wenigstens als verdächtig hingestellt wird, ohne daß bisher entscheidende Versuche darüber angestellt worden wären.

In der toxikologischen Literatur konnte ich über die giftige Wirkung der Rauschbeere nur zwei Angaben auffinden und zwar in dem Handbuche der Toxikologie von Th. und A. Husemann 1862 (S. 530) und im Lehrbuche der Toxikologie von L. Lewin, 2. Aufl. 1897 (S. 322). Husemann behauptet, daß die Früchte der Rauschbeere eine leichte Narkose hervorrufen; ihm selbst haben größere Quantitäten nie geschadet. Nach Lewin sollen die Beeren, in größerer Menge genossen, Kopfschmerzen, Benommensein, Übelkeiten und Erbrechen erzeugen; sonst können sie ohne Schaden gegessen werden. Die botanische und folkloristische Literatur ist an ähnlich lautenden Berichten reicher. Schon in dem großen Werke „C. v. Linné, Vollständiges Pflanzensystem nach der 13. latein. Ausgabe und nach Anleitung des holländischen Houttuynischen Werkes übersetzt, III. Teil, 1772, Nürnberg“ ist die Notiz „Ein reichlicher Genuß (der Beeren) soll den Kopf ein wenig berauschen“ zu lesen (S. 416). Spätere Botaniker scheinen diese Notiz kritiklos übernommen zu haben. Vertrauenswürdig sind jedoch die Mitteilungen von V. F. Kosteletzky (Allgemeine medizinisch-pharmaceutische Flora, 1831 bis 1834, Bd. III, S. 1011): die „Beeren sollen, in Menge genossen, berauschen und sind deshalb auch unter dem Namen Rauschbeeren oder Trunkelbeeren bekannt“), Lad. Čelakovský (Prodromus der Flora von Böhmen, 1872), M. Willkomm (Forstliche Flora von Deutschland und Österreich, 1887, 2. Aufl., S. 597/98), G. Pritzel und C. Jessen (Die deutschen Volksnamen der Pflanzen, 1882, S. 423: „Roh stark berauschend“), Frz. Höfer (Dialektnamen der in Niederösterreich vorkommenden Pflanzenarten, 1884, S. 30 u. 43: „Der Genuß der Früchte soll Schwindel erzeugen, weshalb sie Schwindelbeeren, Krankeln, Krankerl genannt werden“) u. a. m. J. Duftschmid, ein seinerzeit bekannter Arzt und Botaniker in Oberösterreich, sagt in seiner „Flora von Oberösterreich, 1870 bis 1885“ in ganz bestimmter Weise: „Die fade, süßlich schmeckenden Beeren von Vaccinium uliginos. werden wohl hier und da genossen, erregen aber leicht Erbrechen, indem sie nicht frei von narkotischen Stoffen sind.“ Von Autoren, die den gesundheitsschädlichen Einfluß unserer Pflanze ausdrücklich anzweifeln, nenne ich nur G. W. Bischoff (Medizinisch-pharmaceutische Botanik, 1847, 2. Aufl.,



S. 437): „Die vermeintliche berauschende Wirkung der ebenfalls — wie Heidelbeeren — genießbaren, obgleich weniger schmackhaften Beeren ist durch keine neuere Erfahrung bewiesen."

Die Seltenheit der Mitteilungen über eine Vergiftung mit Uliginosumbeeren bewog mich zur Veröffentlichung meiner indirekten Erfahrung. Leider stand mir kein ausreichendes Material zur chemischen und pharmakologischen Untersuchung jener Früchte zur Verfügung, so daß ich dieselbe auf den Herbst des nächsten Jahres (1907) verschieben mußte. Ich benütze aber die Gelegenheit der Herausgabe einer Festschrift zur Feier des 60. Lebensjahres meines sehr verehrten Lehrers Prof. Flügges, um wenigstens die abgeschlossene pharmakognostisch-botanische Untersuchung von Vaccinium uliginosum und seiner Beeren zu veröffentlichen; zum Vergleiche soll von ähnlichen Vacciniumarten nur Vaccinium Myrtillus herangezogen werden.

I. Geschichte der Pflanze und ihre Stellung in der Systematik.

Vaccinium uliginosum wurde zuerst von Hieron. Bock gen. Tragus in seinem Kreuterbuche (Straßburg 1546, fol. 367) als „Die grosse Heidelbeer" (Myrtillus grandis) beschrieben und von Vaccin. Myrtillus unterschieden.

„Die grossen Heidelbeer wachsen nicht in allen wålden / sonder in grosser wildtnuss / in feüchten finstern dålern / in nassen vnd sumpfichten Brůchgrůnden / als im Wassgaw / in der Grafschaft Bitsch vnd Zweienbrůcke. Vnd ob sie wol den vorgeschribenen beeren mit laub / blůmen vnd frucht etlicher mass gleich seind / so ist doch ein merklicher vnderscheid dazwischen / dann das laub am grossen gewächs ist gegen der Erden gantz eschenfarb grün / der stengel oder stauden hoch / gantz rund / einem beumlein gleich / die zweiglin seind braunrot vnd rund / nit wie an den vorgenannten Heidelbeeren / die frucht würt auch grösser / vn ist / ehe sie zeittig würt / weißgrün darnanach rot / an geschmack weinsawr / vnd zůletzt blaw schwartz / vnsüsser dann die kleinen."

Bock nennt unsere Pflanze und ihre Verwandten „Myrtillus oder Myrtillos" deshalb, weil sie, wie die Myrte, üppig gedeihen (*μύρειν*). Ob sie den alten griechischen und römischen Autoren bekannt war, läßt sich nicht ermitteln. Ich bezweifle — aus Gründen, die hier nicht auseinandergesetzt werden können — die Richtigkeit der Angabe Wittsteins' (Die Naturgeschichte des Cajus Plinius Secundus. Ins Deutsche übersetzt und mit Anmerkungen versehen von Prof. Dr. G. C. Wittstein, Bd. III, 1881, S. 193), daß unter Vaccinia des Plinius Vaccinium Myr-



tillus zu verstehen sei. Das Wort vaccinium ist aus baccinium, bacca entstanden.

Johann Thal (Thalius), Arzt in Nordhausen, führt in seiner Sylva Hercynia 1588 die Sumpfheidelbeere als Vitis Idaea nigra major oder als Myrtus tennuifolia, Carolus Clusius (Charles de l'Ecluse) als Vitis Idaea II = altera (Rariorum plantarum Historia, Antwerpiae 1601, p. 61/62; auch abgebildet, in Bock a. a. O. jedoch besser) und Jac. Theodor. Tabernaemontanus als Vitis Idaea III (Neuw Kreuterbuch 1588, Frankfurt a. M., fol. 1487).

Die bisher angeführten alten Botaniker beschränkten sich wie alle anderen darauf, den Pflanzen Namen zu geben, sie mehr oder weniger eingehend zu beschreiben und nach ihrem Gesamthabitus zu ordnen, so daß Pflanzen der verschiedensten Familien aneinandergereiht erscheinen. Erst Caspar Bauhin (Pinax Theatri Botanici, 1623), vor ihm aber schon Lobelius, versuchten es, eine Anordnung nach Verwandtschaften aufzufinden. Bauhin unterscheidet bereits in dem zitierten, für das historische Studium der einzelnen Pflanzenarten heute noch unentbehrlichen Werke, wenngleich in noch primitiver Weise, Spezies und Gattung; er belegt letztere wohl mit Namen, charakterisiert sie aber nicht näher. Seine größeren Gruppen entsprechen im allgemeinen teilweise unseren Familien.

Bauhin (a. a. O. p. 470) faßt die ihm bekannten acht Vacciniumarten unter dem Genusnamen „Vitis idaea sive Myrtillus" zusammen. Die kurze Beschreibung zweier derselben paßt auf die Sumpfheidelbeere:

1. Vitis Idaea foliis oblongis albicantibus (weißlich seiend) und
2. Vitis Idaea foliis subrotundis exalbidis (weißlich).

Die Verschiedenheit in der Blattform hat offenbar zur Trennung der angeblich zweierlei Arten geführt. Daß es sich in beiden Fällen um Vaccin. uliginosum handelt, dafür scheinen mir auch die von Bauhin angeführten, von seinen Vorgängern für unsere Pflanze gebrauchten Namen, die sich mit ihr decken, zu sprechen. Übrigens macht bereits Remb. Dodonaeus (Dodoens) (Cruydt-Boeck 1618. Leyden, S. 1296) auf die Identität von Vitis idaea II oder altera Clus. mit Myrtillus grandis Trag., Vitis Idaea nigra major Thal., Vitis Idaea Gesneri major (Camerarius Joach. in Hortus medicus et philosophicus 1588) aufmerksam. Ob auch die von Bauhin hervorgehobene, von Joh. Gerard Angelus Vaccinia Pannonica genannte Pflanze mit der Rauschbeere übereinstimmt, konnte ich nicht ermitteln.

Der Name „Vitis idaea" scheint von Theophrastus herübergenommen zu sein, der angeblich die Heidelbeere, der Ähnlichkeit (?) mit



den Weinbeeren wegen, ἄμπελος τῆς Ἴδης (Weinstock des Berges Idos) nennt.

Seit A. Caesalpino (1583) und C. Bauhin nahm in der botanischen Welt das Bestreben, das Pflanzenreich in Gruppen nach Verwandtschaften einzuteilen, immer mehr zu. Es wurden zunächst künstliche Pflanzensysteme geschaffen, die Pflanzen nach einzelnen willkürlich gewählten Merkmalen geordnet. Zunächst fand das System von Jos. Pitton Tournefort eine so ausgebreitete Anerkennung, wie später jenes von Linné. Tournefort charakterisiert im Gegensatz zu Bauhin die Gattungen und führt die Spezies nur dem Namen nach an. Er rechnet unsere Pflanze (Institutiones rei herbariae, Paris 1719, S. 607/608) zur XX. Klasse: De arboribus et fruticibus Flore monopetalo; Sectio VI, cujus calix obit in baccam; Genus V: Vitis Idaea; Spezies: neben anderen die oben cit. zwei Bauhinschen Arten.

Erst Carl Linné umgrenzt sorgfältig Gattung und Spezies zugleich, führt die schon von Bauhin geforderten binären Namen ein und unterscheidet in seinem Sexualsystem (1735) größere Gruppen wie Ordnungen und Klassen. Vaccinium Myrtillus L. u. — uliginosum L. werden neben sieben anderen Arten zum genus Vaccinium (= Vitis idaea Tourn. und Oxycoccus Tourn.) und dieses zur VIII. Klasse der Octandria und zwar zu Monogynia gezählt (Caroli Linnaei Species Plantarum, Holmiae 1753 Tom. I, S. 349ff.). Als Synonyma für Vaccin. uliginosum erscheinen angeführt: Vaccin. foliis ovalibus integerrimis deciduis (Linnaeus Flora suecica 1745 S. 312), Vaccin. foliis annuis integerrimis (Linnaeus lapponica 1737 S. 142 und Alb. v. Haller Enumerat. method. stirp. Helvetiae indigenar. 1742 S. 414), Vitis idaea foliis subrotundis exalbidis Bauhin a. a. O. — die zuerst genannte Art Bauhins findet überhaupt keine Beachtung — und Vitis idaea II Clusius.

Linné betont in seinen Schriften häufig, daß die Hauptaufgabe der Botanik darin läge, ein natürliches System aufzufinden. Er hinterließ auch ein Fragment eines solchen Systems. In der sehr lesenswerten Philosophia botanica 1751 wird das genus Vaccinium in die 24. Ordnung der Bicornes und in den Praelectiones in ordines naturales plantarum 1792 in die gleichnamige Ordnung (Zweihörnler) = 24 Ordo + 41 Ordo der Hesperidae in Philosophia botanica) gebracht.

Linnés Fragment benützte Bernhard de Jussieu zur Aufstellung seiner Familienreihen (52. Familie: Myrtilli; unter anderen das Genus Vaccinicae — ordines naturales in Ludovici XV horto Trianonensi dispositi 1759, Handschrift).

Von anderen künstlichen Systemen, die sich auf den vorher erwähnten aufbauen, wären noch erwähnenswert jenes von Michel Adanson



(Familles des plantes, Paris 1763: 22. Fam. Vaccinia, genus: Vaccinicae) und von Kurt Sprengel (Anleitung zur Kenntnis der Gewächse, 2. Aufl. 1817—1818, II. Teil: Natürliche Übersicht des Gewächsreiches und natürliche Verwandtschaften. 52. Fam. Ericeen, Ordnung: Zweihörnige Ericeen, gen. Vaccinium).

Außerhalb der erwähnten Systeme steht die systematische Zusammenstellung der Pflanzen nach der Lage, Gestalt, Konsistenz und Zahl der Fruchtteile (karpologisches System) von Josef Gärtner. Die Vacciniumarten reiht er ein in die III. Klasse: Dicotyledones, fructu infero: Centripeta, Albuminosae, Inapertae 170. gen. Vaccinium (De Fructibus et Seminibus Plantarum Stutgardiae 1788, I. Bd., S. 142; auf Tab. 28, Fig. 7. Frucht und Samen von Vaccin. Myrtillus gut abgebildet).

Der Versuch, ein natürliches System zu verfassen, glückte zuerst Georg Christ Oeder (1764), die Idee aber, natürliche Familien zu bilden, ging von Peter Magnol (1689) aus. Doch erst Anton Laur. de Jussieu war es vorbehalten, eine allgemein anerkannte Gruppierung der Familien — er nennt sie Ordnungen — nach bestimmten Prinzipien aufzufinden. Ermöglicht wurde ihm dies einerseits durch die Studien seines Onkels B. de Jussieu und anderseits durch die Benutzung der Resultate der unterdessen entstandenen Teilwissenschaften der Botanik, der Organographie und Phytotomie. Wie früher die Spezies und Gattungen, so wurden nun auch die Familien genau charakterisiert und größere Verbände mehr oder weniger scharf umschrieben. Der alte Begriff der Gattungen, Familien, Ordnungen und Klassen blieb teils erhalten, teils mußte er mannigfachen Veränderungen unterworfen werden. Nach dem Jussieu'schen System gehören die Vacciniumarten zu den Dicotyledones monopetalae, in die IX. Klasse der Pericorolliae, 51. Ordnung der Ericae (Genera plantarum secundum ordines naturales disposita, Paris 1789).

Die Fortschritte in der morphologischen und anatomischen Erforschung der Pflanzen üben von jetzt ab einen bedeutenden Einfluß auf die Systematik. Es entstehen eine Reihe neuer natürlicher Systeme, die aber immer mehr oder weniger miteinander im Zusammenhange stehen. Die bedeutendsten, heute noch in Frankreich und England gültigen sind jene von Aug. Pyramus De Candolle (Théorie élémentaire de la botanique, Paris 1813 und Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis, Paris 1824—1870) und G. Bentham und J. D. Hooker (Genera plantarum ad exemplaria inprimis in herabriis Kewensibus servata definita, London 1862—1883). De Candolle schuf die Ordnung der Vaccinicae (Prodromus VII Bd. 2, 1819 S. 552), zu welcher nichts weniger als 13 verschiedene Gattungen, darunter Vaccinium L. mit 85 Arten zählen. Seine Haupttabteilungen fußen auf dem inneren anatomischen Bau; die Vacci-



nicae gehören zu den Plantae vasculares s. Cotyledoneae, der Klasse: Exogenae s. Dicotyledoneae, Subklasse: Calyciflorae.

Eine gewisse Bedeutung, die hier nicht berührt werden kann, kommt dem Systeme Steph. Endlichers zu. In seinen Genera plantarum secundum ordines naturales disposita, Wien 1836—1841 stellt und charakterisiert er die schon von Linné erwähnte Klasse der Bicornes (39.) neu auf mit der Ordnung Ericaceae R. Br. und der Subordo: Vaccinicae. Die Bicornes sind der cohors: Gamopetalae, diese der sectio: Acramphibrya (Endumsprosser) Dicotyledonae untergeordnet und alle zusammen werden der regio: Cormophyta (Stengelpflanzen) eingefügt.

Alle natürlichen Systeme gehen darauf hinaus, die Pflanzen nach natürlicher Verwandtschaft zu ordnen, d. h. in phylogenetischer Weise. Hierzu ist die Berücksichtigung der Gesamtheit ihrer Merkmale notwendig. Dies war aber den Systematikern vor dem Jahre 1840 nur in beschränktem Maße möglich, weil erst von da ab die Entwicklungsgeschichte der Pflanzen auf den Plan trat, um bald die ganze Botanik zu beherrschen. Den Entwicklungsgedanken trug das System der Phanerogamen A. W. Eichlers (Syllabus der Vorlesungen über Phanerogamen, Kiel 1876 und Syllabus der Vorlesungen über spezielle und medizinisch-pharmaceutische Botanik, Berlin 1886) Rechnung. Abteilung Angiospermae, Klasse Dicotyleae, Unterklasse Sympetalae, Reihe Obdiplostemones, Ordnung Bicornes, Familie Ericaceae, Gattung Vaccinieae. Gegenwärtig allgemein maßgebend ist das System von Adolf Engler, das in einigen Punkten von jenem Eichlers abweichend die Resultate der modernsten Forschung zu verwerten weiß. Es ist in dem großen Werke „Die natürlichen Pflanzenfamilien" von Engler und K. Prantl, Leipzig 1869—1907, an dem zahlreiche Botaniker mitgearbeitet haben, niedergelegt. Abteilung Embryophyta-Siphonogama, Unterabteilung Angiospermae, Klasse Dicotyledoneae, Unterklasse Sympetalae (Metachlamydeae), Reihe Ericales, Familie Ericacae, Unterfamilie Vaccinioideae, Gruppe Vaccinieae, Gattung (Sippe) Vaccinium L., Untergattung Eu-Vaccinium, Sectio Myrtillus A. Gray, Species Vaccinium uliginosum L. (a. a. O. IV. T. 1. Abt. 1891).

II. Die Familie der Ericaceae; Beschreibung der Pflanze und ihre Varietäten.

Nachdem wir die Geschichte und die Stellung von Vaccinium uliginosum in der Systematik kennen gelernt haben, wenden wir uns zur Besprechung der Eigenschaften ihrer Familie insoweit, als sie zur eingehenden Kenntnis des morphologischen und histologischen Verhaltens dieser Pflanze und ihrer Teile notwendig ist. Der vegetative Charakter



fast aller Ericaceae besteht darin, daß sie ausdauernde, kaum kniehohe und verholzende Halbsträucher, aber auch Sträucher sind und daß sie einfache kleine, meist immergrüne Blätter, einzelne oder in reichblütigen Trauben, Dolden, Reihen angeordnete, mehr oder weniger duftende Blüten tragen.

Die vollständigen, 5 bis 4gliedrigen, gewöhnlich aktinomorphen (radiären) Blüten sind zwitterig, obdiplostemonisch[1], d. h. die 10 bis 8 Staubblätter sind in zwei gleichzählige, abwechselnde Kreise gestellt, die Glieder des äußeren Kreises stehen aber regelwidrig vor den Blumenkronblättern. Daher die Aufstellung der Reihe der Obdiplostemones durch Eichler (Blütendiagramme 1875 Bd. I S. 335). Die Blumenblätter (petala) sind gewöhnlich verwachsen (Sympetalae), krug- oder glockenförmig, vorherrschend weiß und rosenrot, mit Ausnahme bei der Unterfamilie der Ericoideae abfallend. Die Kelchblätter, mit den Blumen- und Fruchtblättern (carpellen) in gleicher Zahl, verwachsen ebenfalls — 4 bis 5spaltiger oder 4 bis 5teiliger Kelch —, bleiben nach dem Abblühen bestehen, wachsen zuweilen aus und verwachsen bei unterständigem Fruchtknoten bis hoch hinauf mit demselben. Die 10 bis 8 Staubblätter sind in der Regel frei. Sie und die Blumenblätter inserieren enge am Außenrande einer unterhalb (hypogyn) oder oberhalb (epigyn) des Fruchtknotens — am ovarium — gelegenen, zwischen den Kelchzipfeln ausgebreiteten, verschieden geformten, fleischigen Scheibe (discus). Dieser für die Ericaceae sehr charakteristische, nie fehlende Discus erscheint durch die Einfügungsstellen der Staubblätter gelappt oder gebuchtet; zwischen den letzteren wird eine zuckerreiche Flüssigkeit in Tropfenform abgesondert. Die Staubbeutel (antheren) zeigen die Eigentümlichkeit, daß sie eigenartige, freie, sterile, oft spreizende Anhängsel an den beiden Pollensäcken (thecae) tragen und so gehörnt erscheinen. Daher die Bezeichnung Bicornes. Die einwärts gewendeten Antheren springen mit je zwei Löchern (poricid) oder Spalten auf und entlassen zahlreiche Gruppen von je 4 Pollen, sogen. Pollentetraden. Der ober- oder unterständige Fruchtknoten besteht aus 4 bis 5 miteinander bis oben verwachsenen den Blumenblättern gegenübergestellten (antipetalen) Fruchtblättern (carpellen), ist daher 4—5fächerig, die Fächer sind scharf getrennt. Die Plazenten sind einfache oder gedoppelte Leisten oder Knöpfe, angeheftet an ein durchlaufendes Mittelsäulchen, das aus der Verwachsung der Carpellränder hervorgeht, also zentral mit 1 bis vielen umgewendeten (anatropen) oder doppelwendigen (campylotropen) Samenanlagen. Der Griffel ist einfach, an der Spitze des Fruchtknotens aus

[1] Ob, gegenüber; διπλόος, doppelt; στήμων, Staubgefäß.

einer Einsenkung abgegliedert und langgestreckt, mit einer kopfförmigen, zur Zeit der Befruchtung stark klebrigen Narbe. Die Frucht ist am häufigsten eine vielsamige Kapsel, aber auch eine Beere — Beeren gehen bei den Ericaceen stets aus unterständigen Fruchtknoten hervor — oder eine Steinbeere, entstanden durch Verhärtung (Sklerosierung) der inneren Epidermis (Endocarp) der Frucht. Die Samen sind klein, 1 bis 2^{mm} lang, mit sackartiger oder stark gerippter Außenschale, reichlichem, fleischigem Nährgewebe und axilem, zylindrischem, oft sehr kurzem Keimling.

Die Blütenverhältnisse stempeln die Ericaceae bezüglich ihrer Bestäubung zu Insektenpflanzen (Bienenblumen).

Ihr geographisches Verbreitungsgebiet zeichnet sich durch seine Weite und Zerstreutheit aus. Die Ericaceen meiden bestimmte Gebiete, insbesondere Wüsten, Wüstensteppen und feuchtheiße tropische Niederungen; sie ertragen ziemlich verschiedene Klimate ohne besondere starke Veränderung der vegetativen Organe.

O. Drude (Pflanzenfamilien a. a. O. IV. Teil 1. Abt. 1891) unterscheidet 4 Unterfamilien: Rhododendroideae, Arbutoideae, Vaccinioideae und Ericoideae. Die Arbutoideae und Vaccinoideae zeichnen sich durch folgende Merkmale aus: Frucht eine Beere oder Kapsel, Samen dreieckig, rundlich, eiförmig, ungeflügelt, Blumenkrone verwachsen blättrig, nach dem Blühen dadurch abfallend, daß sich am Grunde eine Trennungsschicht entwickelt, Staubbeutel mit borstenartigen Anhängseln oder in lange Röhren vorgezogen, den Pollen oben ausschüttelnd. Die beiden Unterfamilien unterscheiden sich nach dem Fruchtknoten. Bei den Arbutoideae (Andromeda polifolia L., Arctostaphylos Uva ursi Spr. usw.) ist er oberständig und dem Kelche nicht angewachsen, bei den Vaccinioideae hingegen völlig unterständig und mit dem Kelche innig verwachsen (bei einzelnen trockenen Arten gelingt es, den Fruchtknoten vom Kelche herauszupräparieren, bei anderen nicht).

Die Vaccinioideae besitzen einjährige oder immergrüne Blätter, einzelne achselständige, krug- oder glockenförmige Blüten oder endständige Trauben; die Staubgefäße sind dem oberständigen Discus hart am Rande der Blumenkrone eingefügt, sonst frei und unter sich getrennt, die Antheren tragen Gipfelkörner, zugleich aber auch Sporn- und Grannenanhängsel. Die Frucht ist eine unterständige Beere oder Steinbeere, die den Kelchrand oben als einen Ring oder als einen Kranz kleiner Blattzipfel erkennen läßt.

Drude gibt 6 Gattungen an, von denen die Gattung Vaccinium hervorzuheben ist. Der Kelch ist bei den Arten derselben so innig verwachsen, daß von ihm meist nur kurze Saumlappen übrig bleiben, die



entweder wenig bemerkbar sind oder als übergebogene, dickliche Zipfel sichtbar bleiben; auch verdrängt er, in seinem Gewebe reduziert, jenes der Frucht bzw. des Fruchtknotens teilweise derart, daß er die Oberhaut der nunmehr als Scheinfrucht erkennbaren Beere (wie wir unten sehen werden, Steinbeere) bildet. Die Antheren der (8 bis 10) Staubgefäße laufen in lange, an der Spitze mit einem Loche sich öffnende Röhren aus, weshalb J. F. Klotsch (Ericarum Genera et Species in Linnaea XII 1838, XXIV 1850) die Vacciniumarten zu der Familie der Siphonandrae[1] zählte; unterhalb der Röhren tragen die Antheren auf dem Rücken ein langes oder ein rudimentäres Spornpaar. Der 4 bis 5 (selten 10)-fächerige Fruchtknoten wächst zu einer weichen, saftigen Beere aus mit wenigen oder mehreren Samen in jedem Fache.

Die ca. 100 Arten umfassende Vacciniumgattung besitzt eine enorme Verbreitung von Grönland an durch alle borealen Florenreiche, auf der Andenkette bis Peru, auf den Sandwichinseln, den ostafrikanischen Inseln (Drude, Handbuch der Pflanzengeographie 1890 S. 197), wie Madagaskar usw. Sie fehlt aber im Innern Asiens, von Himalaya bis Thianschan, der ganzen südlichen Erdhälfte und den tropischen Niederungen. Die Vacciniumarten wachsen zumeist gesellig und bilden ausgedehnte Bestände in den Ebenen, vorzüglich aber in subalpinen und alpinen Höhen, auch in den Bergländern der Tropenfloren in Indien.

Drude (a.a.O. Pflanzenfamilien) läßt die Vacciniumgattung in 5 Untergattungen (Batodendron Gray, Cyanococcus Gray, Oxycoccus Pers., Eu-Vaccinium Drude und Epigynium Klotsch) zerfallen, von denen Eu-Vaccinium die artenreichste (60 Arten) ist. Diese selbst gliedert sich wieder nach dem Blütenstande, dem Kelchsaume, den Antherenspornen und der Anatomie der Blätter in 5 natürliche Sektionen, von denen nur 2 erwähnenswert sind: Myrtillus A. Gray mit 12 Arten und Vitis idaea A. Gray mit ca. 40 Arten. Zur erstgenannten Sektion gehören Vaccinium Myrtillus L. und Vaccinium uliginosum L. Eu-Vaccinium hat fünf-, seltener viergliedrige Blüten, die Staubblätter sind in der krugförmigen, einen kurzgezähnten Saum bildenden Blumenkrone eingeschlossen; Antheren mit langen oder rudimentären oder kaum als Stützen angedeuteten Spornen, Beere aus 4 bis 5 fächerigen Fruchtknoten vielsamig, rot oder blau. Die Sektion Myrtillus charakterisiert sich durch sommergrüne Blätter und in den Achseln der unteren Blätter an den jungen Trieben einzeln oder zu wenigen hängenden Blüten.

Heidelbeere und Rauschbeere haben nahezu das gleiche große Verbreitungsgebiet, kommen gewöhnlich in großer Individuenzahl zumeist

[1] σίφων, Röhre; ἀνήρ, Mann.



in Gestrüppen und Wäldern vor und bilden dann den Grundcharakter der Vegetation; sie wachsen häufig untermischt. Die Rauschbeere geht mit Vaccinium Vitis idaea L. und einigen wenigen Ericaceenarten am weitesten nach Norden. Der Inselgruppe der Spitzbergen fehlt sie zwar (Keller R., Kosmos XVI 1885), dafür ist sie für Grönland physiognomisch wichtig, indem sie bis zum 73° n. B. im Vereine mit der Zwergbirke (Betula nana L.) und niederen Weiden niedere Gestrüppe bildet (Warming, Diverse Schriften und Kerner, Pflanzenleben Bd. II 1. Aufl. S. 714). Ihre Nordgrenze erreicht sie in Amerika bei 78° 52′ bis 78° 56′ n. Br. (H. C. Hart 1880). Im Gegensatz zur Heidelbeere beschränkt sich die Rauschbeere mehr auf die nordischen Länder der drei Kontinente (Nord-Europa, besonders Island, Skandinavien, nördliche Gouvernements Rußlands; Sibirien, Alaska, Kanada usw.; Japan scheint sie zu fehlen oder doch relativ seltener in der arktisch-alpinen Zone zu wachsen: J. Rein 1879, 1880, 1886) und bevorzugt in den mittleren Länderstrecken dieser Kontinente (Mittel-Europa, mittleres Nordamerika, Asien s. vorne) die Gebirgsländer. Sie erreicht von den drei verbreitetesten Vacciniumarten — Heidelbeere, Vaccinium Oxycoccus L. und der Preiselbeere — am frühesten ihre Südgrenze. Was die vertikale Ausbreitung anbelangt, so wäre zu bemerken, daß die Rauschbeere zwar auch Tiefebenen, z. B. in Deutschland, Rußland usw., bevölkert, doch mit Vorliebe höher gelegene Ebenen wählt und bis hoch ins Gebirge in alpine Regionen hinaufsteigt, ja nivale nicht scheut (s. Varietäten). Man findet sie in Höhen von 640 (Skandinavien usw.), 2000 (Japan z. B.), ja sogar 2885 m (in den Pyrenaen Royer de Boullé 1882); in den Zentralalpen wächst sie noch in der Seehöhe von 2400 m in ausgedehnten Beständen (Kerner a. a. O.). Vaccinium uliginosum ist somit eine alpin-campestre und arktisch-alpine Pflanzenart. Sie gehört zu den Charakterpflanzen der feuchten und sumpfigen Moore, zumal der Hochmoore der Tiefebenen wie der Alpen (Strauchmoore M. Zeiskes 1899), gedeiht aber auch im bayrischen Walde auf feuchtem Sandboden (Trippel, Quadersand, Keufersand), in höheren Lagen auf Granitfelsen, seltener im trockenen Heidelande auf Granitunterlage (Otto Sendtner 1860; nach Goebel 1891 auch in Grönland an trockenen Orten) und auf humusbedeckten Felsblöcken in der Schweiz (H. Christ 1879). A. Magnin (Lyon 1886) hält Vaccinium uliginosum — Myrtillus —, Vitis idaea und Oxycoccus für charakteristische Kieselpflanzen.

Fossile Reste finden sich in den Ablagerungen der mesozoischen, tertiären und diluvialen Periode.

Vergleichende Beschreibung der Heidelbeere und der Rauschbeere.

Heidelbeere.	Rauschbeere.
Halbstrauch, niedrig	— hochwüchsig, derber und gedrungener, stämmiger.
15—30—64 ^{cm} bis 1 ^{m}	30 ^{cm}—1 ^{m} — 1·50 ^{m}.
Wurzel horizontal unter d. Boden weithin kriechend, holzig, ästig, rund, braun, mit zaserigen dunkelbraunen Wurzelfasern; treibt mehrere, holzige	— ebenso.
Stengel; aufsteigend oder aufrecht, gedreht, verästelt, unten rundlich, runzelig, bräunlich- oder rötlichgrau, oben grün und scharfkantig wie die	— aufrecht, stark verästelt, nicht gedreht, unten rundlich, runzelig, grau.
Zweige; diese auch glatt, gedreht	— stielrund, zimtbraun, grünlichbraun, der Länge nach gestreift, nicht gedreht, glatt.
Laubknospen eirund, anliegend, weißgrünlich	— ebenso.
Blätter wechselständig, sehr kurz gestielt, Stiel 2 bis 3 ^{mm}, eiförmig, länglich eiförmig, elliptisch, bis 30 ^{mm} lang, bis 20 ^{mm} breit; spitz, zugespitzt, seltener stumpf, mit einer kleinen Stachelspitze versehen; am Grunde stumpf oder abgerundet; am Rande fein gesägt zuweilen fein gekerbt-gesägt, auf jedem Sägezahne eine kleine, fädliche, einwärts angedrückte gestielte Drüse;	— wechselständig, unbedeutend länger gestielt, verkehrt eiförmig, elliptisch, bis 30 ^{mm} lang, meist aber schmäler; stumpf abgerundet, seltener seicht ausgerandet, kleine Stachelspitze; am Grunde zusammengezogen oder meist verschmälert, hier in der Jugend bewimpert; Rand eingerollt, ganzrandig;
beiderseits kahl u. gleichfarbig grün (grasgrün) zuweilen rötlich-grün, im Herbste, vor dem Abfallen tiefrot; einnervig, unter spitzen Winkeln entspringende, gegen den Rand ziemlich gerade laufende, hier Bogen bildende Sekundärnerven, aus den	beiderseits kahl, zweifarbig: oberseits dunkelgrün, glänzend, unterseits graugrün, matt, im Herbste besitzen die Blätter einen violetten Farbenton; einnervig, Sekundärnerven unter etwas spitzigeren Winkeln entspringend, sonst ebenso;

Bogen entstehen netzförmige Adern, die teilweise in die Sägezähne auslaufen, Tertiärnerven verbindend oder netzförmig. Die Nervatur des häutigen, nicht lederartigen Blattes tritt unterseits deutlicher hervor als oberseits.	Tertiärnerven mehr netzförmig. Nervatur des steifen, im Sommer etwas, sonst nicht, lederigen Blattes tritt unterseits in sehr zierlicher Weise zum Vorschein,
Ausbrechen: April	—: Mai.
Fallen: Anfang Oktober	—: Oktober.
Blütenknospen treten gemeinschaftlich mit den Laubknospen auf und sind wie diese beschaffen	— ebenso.
Blüten, einzeln oder 2 bis 3 in den Achseln der untersten Blätter eines seitenständigen jungen Zweiges;	— einzeln, meist behaart, auch 3 bis 4 in den Achseln der obersten Blätter auf kurzen, gegen das Ende vorjähriger Zweige stehenden, seitlichen laubblattlosen, beschuppten Zweiglein;
auf kurzen abwärts gekrümmten, dicklichen Stielen, daher überhängend	auf ziemlich langen, weißlichen od. rötlichen Stielen herabhängend.
Kelchsaum, sehr kurz, gewöhnlich ungestielt, zuweilen seicht 5zähnig	— 5- (selten 4-) spaltig, Kelchzipfel eirund, grün, weißlich od. rötlich gesäumt.
Blumenkrone kugelig-krugförmig, rundlich, engmündig; Saum kurz, 4- seltener 5- bis 6spaltig, zurückgerollt; blaßgrün und rötlich überlaufen bis purpurfarbig	— krugförmig, kugelig-krugförmig, fast eiförmig, weitmündig, Saum mit 4 bis 5 kleinen rundlichen Zähnen; weiß, rötlich überlaufen oder weiß.
Staubgefäße 8 (10 bis 12), kürzer als die Blumenkrone, mit ihr abfallend, kahl; Staubfäden weiß, Staubbeutel gelb bis rostbraun	— ebenso; Staubfäden weißgrünlich. Staubbeutel meist rosenrot.
Griffel herausragend, weißlich	— eingeschlossen, mehr grünlich.
Blütezeit: April bis Juni	— Mai bis Juni.

Die Sumpfheidelbeere tritt in verschiedenen Varietäten auf. Die Veränderungen betreffen entweder den Gesamthabitus oder nur die Blüten, Blätter und Früchte. Auf den Einfluß des Klimas ist jedenfalls die von Joh. Ferd. Schur (Enumeratio plantarum Transilvaniae 1866) als var. α. **frigida alpina minima** beschriebene winzige (bis 5 cm hohe) Abart

zurückzuführen, die mit sehr kleinen Blättern und weißen Blüten auf den Kämmen der Transsylvanischen Hochalpen (auf dem Vurtop der Arpaser Alpen Butsets, 2268 m und darüber) in Begleitung der Salix herbacea (krautigen Weide), nach Willkommm (a. a. O.) auch in den bayrischen Alpen 2340 m hoch vorkommt. Über einen solchen, für die arktische Vegetation charakteristischen Zwergwuchs unserer Pflanze berichtet auch F. K. Kjellmann (1885), der ihre Blätter in Pitlekaj selten mehr als 5 mm lang fand (Abbildung in A. F. W. Schimper, Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage, 1898, S. 711.

Nach dem Baue der Blüten unterscheidet C. Baenitz drei verschiedene Formen:

var. globosa (mehr kugelige Blüten),
var. tubulosa (mehr röhrenförmige Blüten),
var. urceolata (mehr krugförmige Blüten); = var. mikrophylla Lange
= var. frigida Schur?)

C. A. M. Lindman (Några variationer hos Vaccinium uliginosum L. in Botaniska Notiser 1892) hingegen verwirft mit Recht die Baenitzschen Varietäten, weil jede derselben eine bestimmte Blattform voraussetzt, was jedoch nicht immer zutrifft. Im Gegenteil, es trägt jedes Individuum verschiedene Blattformen. Und trotzdem will Lindman nach dem Vorwiegen der einen oder anderen Blattform vier Abarten unterscheiden, die er selbst für nicht scharf voneinander trennbar hält:

var. latifolia (= var. globosa Baen.),
var. angustifolia (= var. tubulosa Baen.),
var. rotundifolia,
var. mikrophylla (Lge., s. oben).

Zur Festlegung der Varietäten dürften sich wohl am meisten die Früchte eignen, weil ihre Form an ein und derselben Pflanze regelmäßig die gleiche bleibt (s. später).

Willkomm (a. a. O. 1887) macht auf eine sehr seltene Varietät mit blassen, gelblich-weißen Blüten aufmerksam, die in verschiedenen Ländern z. B. in Livland gefunden wird.

III. Die Früchte und Samen.

(Morphologie und Anatomie.)

Heidelbeere.	Rauschbeere.
Frucht kugelförmig, etwas abgeplattet.	— kugelig, etwas abgeflacht, aber auch elliptisch, selten annähernd birnförmig ja sogar keulenförmig.



4 bis 8 ja 10 ^{mm} D.	ebenso, durchschnittlich meist größer.
anfänglich bläulich-grün, reif bläulich-schwarz oder schwarz, bereift sonst glänzend	ebenso, zuweilen heller gefärbt.
Am Scheitel eine flache kreisrunde Scheibe, die von dem aufgerichteten, gewöhnlich ungeteilten, schmalen, dünnen, anscheinend stumpfen Kelchsaume begrenzt wird und in dessen Mitte eine kleine trichterförmige Vertiefung sich befindet, auf deren Grunde die hellbräunliche Narbe des abgefallenen Griffels oder ein aus ihr hervorragender Griffelrest zu sehen sind. Zwischen dem Kelch und jener Vertiefung breitet sich zunächst derselben der	Am Scheitel ist die Scheibe nicht deutlich sichtbar, weil sie mehr oder weniger gedeckt wird durch die etwas dicklichen, übergebogenen spitzen Zipfel des 5- bis 6 spaltigen Kelchsaumes. Die trichterförmige Vertiefung ist viel seichter; sonst ebenso,
schön gelappte (bis 10 Lappen) Diskus aus, dann folgt eine hellbräunliche Zone, die Trennungsschichte der Blumenkrone, mit den Narben der Staubgefäße. Nun werden entweder ein kleiner Abschnitt der eigentlichen Frucht und dann der Kelchsaum sichtbar oder letzterer umsäumt unmittelbar die Trennungschichte.	nur daß der Diskus sehr undeutlich gelappt erscheint.
Auf der dem Scheitel entgegengesetzten Seite hinterläßt der Stengel, wenn er nicht erhalten bleibt, eine etwas vertiefte Narbe.	Ebenso.
Der Längsschnitt der Beere zeigt insbesondere im unreifen Zustande sehr deutlich ein Mittelsäulchen, das nach unten in den Stiel, nach oben in den Griffel keilförmig verbreitert sich fortsetzt; an dem Mittelsäulchen sitzen die keilförmigen Plazenten mit den	Ebenso.

Samen. Neben dem Griffel wölbt sich das Diskusgewebe hügelig vor, jener des Blumenkronenansatzes ist nur im oberen Drittel sichtbar, dann folgen das Gewebe des erwähnten Fruchtteiles und schließlich der Kelch, dessen Saum, nach einwärts gebogen, spitzig zuläuft.	Kelchzipfel sehr deutlich sichtbar.
Am Querschnitte übersieht man die scharf abgegrenzten 4 bis 5 Fächer mit dem Mittelsäulchen, von dem aus die keulenförmigen Plazenten in das Lumen bzw. das Fruchtfleisch hereinragen.	Ebenso.
Das Fruchtfleisch der saftigen Beeren ist tief weinrot, wird aber an der Luft blutrot-violett; es färbt dunkelblau ab.	Fruchtfleisch der ebenfalls saftigen Beeren grünlich, nicht abfärbend.
Geschmack süß-säuerlich, etwas herb.	Geschmack mehr fade, weniger säuerlich.
Reifezeit: Juli.	Reifezeit: August (Juli).
Alkoholischer Auszug: rotbraun in dünner Schichte.	Alkoholischer Auszug: gelblichgrün in dünner Schichte.
Samen, ziemlich viele (ca. 3 bis 4 in jedem Fache), einzelne verkümmert;	— ebenso;
sehr klein, bis 1·5 ^{mm} lang, bis 1·0 ^{mm} breit;	bis 2·0 ^{mm} lang, bis 1·0 ^{mm} breit, also durchschnittlich gestreckter und schlanker;
schief-eiförmig bis kappenförmig, regelmäßig etwas gekrümmt oder verbogen;	meist nur schief-eiförmig, sonst ebenso;
Basalseite nach innen gewölbt, von einer keilartig scharf vorspringenden Raphe durchzogen,	Basalseite nicht so stark eingewölbt, Raphe nicht so scharf vorspringend,
Rückenseite gewölbt — der Same erscheint von der Basalseite aus ausgesprochen kantig;	Same daher nicht so ausgesprochen kantig;
auf dem (breiteren) Nabelende gewöhnlich abgestutzt, auf dem anderen Ende stumpf-spitzig	auf beiden Enden gewöhnlich stumpf-spitzig, Spitzen oft vorgezogen, jene beim Nabel — der

oder spitz, die Spitze zumeist vorgestreckt; der auf dem abgeflachten Ende liegende Nabel ist klein.	sich ebenfalls an dem breiteren Ende befindet — häufig etwas gegen die Basalseite gekrümmt (zuweilen hier abgestutzt).
Die Oberfläche wird von einem leistenförmig vorspringenden, zierlichen, braunen, engmaschigen Netzwerk überzogen, das vom Nabel ausgeht und der Längsachse des Lumens entsprechend gestreckt erscheint, die Leisten treten auf der Rückenseite besonders scharf hervor, flachen sich aber auf der Bauchseite gegen den Kiel und auf diesem selbst ab.	Oberfläche ebenso, Netzwerk jedoch weitmaschiger.
Zwischenräume hellbräunlich gefärbt, sehr schmal; Same erscheint dunkler gefärbt.	Zwischenräume heller; Same deshalb lichter gefärbt.
Der Samenkern zeigt ein reichlich entwickeltes, fleischiges, hartes, grau-weißes Nährgewebe, reich an Fett und Eiweiß; Embryo zentral oder ein wenig peripher gelegen, fadenförmig, fast so lang wie das Nährgewebe, leicht gekrümmt, gelblich-weiß, Kotyledonen kurz, undeutlich von dem langen walzenförmigen Würzelchen sich abhebend.	Samenkern ebenso.
Die Beeren samen sich leicht aus.	Ebenso.

Lindmann (a. a. O. 1892) unterscheidet nach den Fruchtformen 5 Varietäten des Vaccinium uliginosum:

1. var. macrocarpa Dreyer (Flora Danica tab. 2469; nach Lange — Handbog i. d. Danske Flora 4 Udg. S. 422, cit. n. Ascherson und Magnus, Berichte d. deutsch. botan. Ges. 1889 VII. S. 399 — auf Seeland und Jütland).
2. var. elliptica.
3. var. sphaerica.
4. var. pyriformis.
5. var. clavata; selten.

Sämtliche Varietäten zerfallen wieder in eine var. major und minor.

Ascherson und Magnus erwähnen eine gelbfrüchtige Abart aus Kärnten (Die Verbreitung hellfrüchtiger Spielarten der europ. Vaccinien in Verh. der zoolog.-botan. Ges. i. Wien, 41. Bd.).

Mikroskopischer Bau.

A. Die Frucht von Vaccin. uliginosum.

Auf Querschnitten, die in der Mitte der Scheinfrucht angelegt werden, erscheinen die Epidermiszellen vorwiegend tangential gestreckt, rechteckig, zuweilen quadratisch. Gegen den freien Kelchsaum zu ändert sich ihre Form nur insofern, als sie etwas höher werden und sich abrunden; auf der Innenseite der Kelchzipfel sind die Epidermiszellen länglich oval, niedriger, auf den sichtbaren Partien der eigentlichen Frucht ähnlich jenen in der Mitte der Scheinfrucht befindlichen. Auf dem Scheitel der Frucht übergehen die Epidermiszellen in ein hellbräunliches zusammengefallenes verkorktes Gewebe, die Trennungsschichte der Blumenkrone. Sodann folgen: die Epidermiszellen des Diskus — sie gleichen jenen der Frucht, nur sind sie zart und quadratisch —, die gröberen der dellenartigen Vertiefung und das ebenfalls zusammengefallene und verkorkte Narbengewebe des Griffels, das aber in seinem Beginne noch grobe, quadratische Zellen aufweist. Gegen den Stiel zu werden die Epidermiszellen kleiner, im Stiele selbst quadratisch.

Die Länge der Epidermiszellen schwankt je nach der Lokalisation von 3 bis 13 μ[1] (durchschnittlich 6·75 μ), die Höhe von 3 bis 7 μ (durchschnittlich 3·4 μ), im Diskus sind die Zellen 4 bis 5 μ lang und 4 μ hoch.

Die äußeren und inneren Wandungen der Epidermiszellen sind nur relativ wenig verdickt ($^1/_2$ bis $^3/_4$ μ), ebenso die Seitenwände, die starr, nicht wellenförmig, stellenweise feingetüpfelt erscheinen. Die ziemlich stark entwickelte Cuticula wird in den Kelchzipfeln insbesondere aber im Stiele derb (2 bis 2·5 μ).

Alle Epidermiszellen sind weitlumig.

Auf Flächenschnitten (Mitte der Scheinfrucht) erscheinen sie rechteckig, polygonal, unregelmäßig polygonal ja dreieckig mit geraden, undeutlich getüpfelten Wandungen, fest gefügt nur sehr selten mit kleinen Interzellularräumen. Auf der äußeren Seite der Kelchzipfel werden die Epidermiszellen weniger scharfkantig, dafür deutlicher fein getüpfelt, auf der Innenseite gestreckter. Jene des Diskus sind zartwandig. Häufig treten, ähnlich wie bei der Birne, Zellgruppen auf mit

[1] 1 μ = 0·0045, Ebeling Oc. 3 Obj. 6a.

reihenweise angeordneten Zellen (4 bis 8), deren gemeinsame Umgrenzung stärker verdickt ist als jene der einzelnen Zellen. Solche fensterkreuzartige Zellgruppen treten in den Kelchzipfeln seltener auf, sie fehlen der Innenseite der Kelchzipfel und am Diskus. Ausmaße der Epidermiszellen in der Fläche: 5 bis 12 μ lang, 2·5 bis 7 μ breit, durchschnittlich 7·9 μ lang und 5 μ breit.

Die Cuticula zeigt eine bald deutliche — insbesondere innerhalb des Kelchsaumes — bald undeutliche gerade oder wellige Streifung, seltener eine Körnelung.

Spaltöffnungsapparate werden selten beobachtet und zwar auf der Innenseite der Kelchzipfel, den eigentlichen Fruchtpartien und am Diskus. Sie liegen etwas tiefer als die Epidermiszellen. Ihr Bau ist der für die Ericaceen typische: mehrere — hier je zwei — zur Spalte parallel gelagerte Nebenzellen; die zwei äußeren sind nahezu doppelt so groß als die beiden inneren. Die rundlichen Schließzellen sind 8 bis 10 μ lang, 7 bis 9 μ breit, ihre Wandung $^1/_2$ bis $^3/_4$ μ dick.

Haare und Drüsen habe ich nicht gesehen.

Der Inhalt der Epidermiszellen ist körnig, bläulich schwarz.

Unmittelbar unter der Epidermis reifer Früchte liegt eine Schichte weitlumiger Zellen mit ebenso dünnen Wandungen wie bei den Epidermiszellen. Sie sind an Quer- wie Längsschnitten nahezu gleich lang und hoch, und zwar ebenso lang oder beträchtlich länger als die Epidermiszellen (6 bis 17 μ lang, 4 bis 7 μ hoch, durchschnittlich 12 μ lang, 5 μ hoch); gegen den Kelchrand zu werden sie kürzer aber höher und übergehen in das rundliche 1- bis 2reihige Parenchym der freien Kelchzipfel. Die beschriebene Schichte fehlt der Innenseite der Kelchzipfel. Auf sie folgen nun ein zuweilen zwei Lagen ähnlicher aber größerer, mehr collenchymatisch verdickter Zellen, die in noch größere, weitlumigere, sackartige Zellen des saftigen Mesocarpes übergehen; die dünnen Wandungen führen zahlreiche kleine und größere Interzellularräume.

Das Parenchym des Mittelsäulchens besteht aus mehr oder weniger gestreckten, dünnwandigen, jenes des Diskus und der benachbarten Fruchtteile aus mehr rundlichen Zellen.

Im Mesokarp und zwar in der Nähe des Endocarpes verlaufen kollaterale Leitbündel mit Spiralgefäßen, in stärkeren Bündeln mit einzelnen feinen Holz- und Bastfasern und zarten prosenchymatischen Zellen.

In der Nähe der Leitbündel, aber auch zerstreut im Mesokarp insbesondere nahe dem Griffelreste, sehr vereinzelt im Diskusgewebe treten Sklereïden von verschiedener Gestalt auf, stabförmige, spindelförmige, dreieckige und rundliche, alle relativ dünnwandig ($^3/_4$ bis 1 μ), stark



verholzt, reich und meist sehr fein getüpfelt (Tüpfel rundlich), 8 bis 24 μ lang, 4 bis 11 μ breit, durchschnittlich 15 μ lang, 8·2 μ breit.

Ebenfalls zerstreut im Mesokarp, dann in der Nähe der Gefäßbündel und der Sklereiden kommen, zuweilen gruppenweise, Krystallzellen vor; jede solche Zelle führt eine kleine, rundliche Kalkoxalatdruse mit einem dunklen Zentrum.

Der grünliche, flüssige Inhalt des Fruchtfleisches reagiert sauer, schwächer aber als in der Heidelbeere (freie Säure). Verdünnte Alkalien färben ihn anfänglich dunkler grün, dann schmutzig-gelb. In der Epidermis hingegen erzeugen die Alkalien fast dieselben Farbennüancen wie bei der Heidelbeere (grün, später gelb). Säuren, anorganische wie organische, verwandeln die grünliche Färbung in eine rötliche. Mit konzentriertem Glyzerin behandelt, wird der Farbstoff nach längerer Zeit aus den Schnitten extrahiert, das Glyzerin färbt sich hierhei rötlichgelb (bei der Heidelbeere hellkirschrot). Es handelt sich also um einen Farbstoff, der jenem in der Heidelbeere ähnlich, aber in bedeutend geringerer Menge vorhanden ist. Auf Kosten des Farbstoffes scheint auch ein Gerbstoff gebildet zu werden, indem Gerbstoffreagentien ein positives Resultat bei weitem leichter als bei der Heidelbeere ergeben; insbesondere Ammoniumcarbonat färbt die Schnitte schön grün (Heidelbeere blaugrün). Sehr leicht nachweisbar ist Zucker.

Das Endokarp kleidet alle Fächer in Form einer zusammenhängenden sklerosierten Schichte aus. Auf Querschnitten sind ihre Zellen oval oder abgerundet rechteckig, 4 bis 7 μ lang, 3 bis 6 μ hoch (durchschnittlich 5·4 μ lang, 4·3 μ hoch), mit dickeren (1 bis 2 μ) Wandungen als sie die Sklereiden des Mesokarpes besitzen, und zahlreichen, weiten, geraden, gegen das Lumen gewöhnlich trichterförmig erweiterten Tüpfelkanälchen. In der Fläche erscheinen diese Sklereiden vorzugsweise langgestreckt, an beiden Enden spitz, an dem einen Ende, selten an beiden Enden, oft abgerundet, ausgerandet oder gegabelt; zuweilen sind sie auch stabförmig, dreieckig, selten quadratisch. Verbogene, an den Längswänden nicht selten mehrfach ausgeschweifte Formen herrschen vor; ihr Inhalt ist farblos, körnig. Alle Sklereiden, ihre Länge ist 7 bis 75 (durchschnittlich 30·5) μ, die Breite 3 bis 13 (durchschnittlich 6·8) μ, greifen dicht ineinander. Ihre Wandungen sind gleichmäßig verdickt (1 bis 2 μ), und mit rundlichen oder der Achse entsprechend gerichteten, spaltenförmigen Tüpfeln versehen (Seitenwände wie oben); die Verholzung ist ebenso intensiv, zuweilen geringer als bei den Sklereiden des Mesokarpes. Wie in der Epidermis (Epikarp) so finden sich auch im Endokarp sehr wohl erhaltene, nur ab und zu zusammengepreßte oder verschobene, große, fast runde Spaltöffnungsapparate



ihre Schließzellen sind 11 bis 13 (durchschnittlich 11·9) μ lang, 10 bis 12 (durchschnittlich 10·9) μ breit, die Wandung $^1/_2$ bis $^3/_4$ μ dick, gar nicht oder nur wenig verholzt.

B. Die Frucht von Vaccin. Myrtillus.

In der Mitte der Scheinfrucht ist die Epidermis auf Querschnitten ebenso wie bei V. uliginosum aus vorwiegend rechteckigen Zellen aufgebaut. Müller (R. M. und Joh. Blau: Fructus Myrtilli in Pharmaceutische Post. XXXV. 1902. Nr. 32 bis 36) hingegen findet sie durchweg quadratisch, seltener rechteckig. Gegen den stumpfen Kelchsaum zu werden die Zellen stehend rechteckig oder quadratisch, im Saume selbst nahezu kreisrund, nehmen aber dann wieder ihre ursprüngliche Form an. Die durchweg stehend rechteckigen oder quadratischen Zellen des Diskus zeigen stets abgerundete ja etwas papilös vorgewölbte äußere und innere Wände; hier und da sklerosieren hier einzelne Zellen. Die Gewebe der Trennungsschichte, der Griffelnarbe usw. gleichen jenen im V. uliginosum. Im ganzen und großen sind die Epidermiszellen der Heidelbeere länger und niedriger, — 5 bis 17 (durchschn. 9·6) μ lang, 2 bis 6 (durchschn. 2·67) μ hoch, im Kelchsaume 4 μ lang, 4·5 μ hoch, im Diskus 5 μ lang, 6 μ hoch — die äußeren und inneren Wände ebenso beschaffen, aber die äußere Wand bedeckt eine durchweg zartere Cuticula; diese Wand pflegt auch, jedoch nur in der Mitte der Scheinfrucht etwas eingefallen zu sein, was bei uliginosum niemals der Fall ist. An derselben Stelle zeigen die Seitenwände bei trockenen Früchten zumeist eine wellenförmige Kontur, an anderen Stellen sind sie geradlinig, zuweilen fein getüpfelt. Die Epidermiszellen sind im allgemeinen niemals so weitlumig wie bei uliginosum.

In der Fläche haben die Epidermiszellen dieselbe Form wie bei der Sumpfheidelbeere, nur sind sie in den Ecken abgerundet, so daß zahlreiche, kleine Interzellularräume entstehen. Zellgruppen treten hier scheinbar weniger häufig auf. Im Kelchsaume stellen sich die Epidermiszellen mehr in Reihen und werden gestreckter, im Diskus rundlicher und zartwandiger. Die oben erwähnten sklerosierten Diskuszellen bleiben ungetüpfelt oder weisen eine feine, aber keine dichte Tüpfelung auf. Größenverhältnisse der Epidermiszellen in der Fläche: 5 bis 16 (durchschn. 10·6) μ lang, 4 bis 8 (durchschn. 8·9) μ breit. Sie sind somit auch in der Fläche durchschnittlich länger und breiter als bei uliginosum.

Cuticula ebenso beschaffen wie bei der Rauschbeere.

Spaltöffnungsapparate finden sich auf der Außenseite des Kelchsaumes und des ev. sichtbaren Abschnittes der eigentlichen Frucht. Sie zeigen



den erwähnten Bau; die Schließzellen sind jedoch kleiner und mehr oval, 6 bis 9 (durchschn. 7·8) μ lang, 4 bis 6 (durchschn. 5·7) μ breit.

Drüsengebilde konnte ich ebenso wie Müller nicht nachweisen. Dagegen fand ich auf der Außenseite des Kelchrandes, gewöhnlich in der Nähe der Spaltöffnungsapparate, zuweilen Narben von Haaren, selten diese selbst. Die Haare sind klein, 11 bis 13 μ lang, einzellig, etwas hackenförmig, scharfspitzig, mit breit ovalem Fuße (4 bis 5 μ lang, 3 bis 4 μ breit) und 2 μ dicker Wandung.

Der Inhalt der Epidermiszellen ist bei unreifen Früchten farblos; später tritt, im Zellsafte gelöst, ein anfänglich roter, bei der Reife violett werdender Farbstoff auf, der in getrockneten Früchten körnig erscheint. Die gleiche Beobachtung machte bereits Müller.

Der Aufbau des Mesokarpes, des Parenchyms des Diskus und der benachbarten Teile entspricht vollkommen jenem in den Uliginosumbeeren. Unterschiede sind nur in der unterhalb der Epidermis gelegenen Schicht und in den Sklereiden zu finden. In der ersteren kommen durchschnittlich längere und weitlumigere Zellen vor: Länge (Mitte der Scheinfrucht) 7 bis 20 (durchschn. 14·3) μ, Höhe 4 bis 10 (durchschn. 5·6) μ. Die Sklereiden liegen vorzugsweise und in großer Menge im Diskusparenchym und den anstoßenden Fruchtteilen. Je weiter vom Griffelreste sie sich entfernen, desto größer und gestreckter, je näher zu demselben sie liegen, desto kleiner und abgerundeter werden sie, im Diskus sind sie meist klein, rund, oval oder abgerundet — polygonal 4 bis 9 (durchschn. 6) μ lang, 3 bis 8 (durchschnittlich 5) μ breit. Im Fruchtparenchym strecken sich die Sklereiden und werden nahezu rechteckig, scharfkantig, in der Nähe der Leitbündel auch spindelförmig. Sie unterscheiden sich von den ihnen ähnlichen Sklereiden der Uliginosumfrüchte nur durch ihre beträchtlich kleineren Dimensionen (6 bis 17, durchschn. 8·4 μ lang, 4 bis 7, durchschn. 5 μ breit) und die etwas stärkere Wandverdickung (1 bis 1·5 μ).

Die Angaben Müllers über die Inhaltsstoffe des Mesokarpes kann ich durchaus bestätigen. Auf mikrochemischem Wege kann man in unreifen Früchten vorwiegend Chlorophyll, Stärke und geringe Fettmengen, in reifem Zustande einen im Zellsaft gelösten blauroten Farbstoff, einen eisengrünenden Gerbstoff und Zucker nachweisen. Kalkoxalatkristalle wie bei Uliginosum.

Die innere Fruchthaut (Endokarp) zeigt dieselben Verhältnisse wie jene der Rauschbeere. Die Sklereiden sind aber niemals so verbogen und ausgeschweift wie dort, sondern mehr gerade gestreckt; auch ihre Dimensionen bei gleichbleibender Wanddicke (in der

Fläche gemessen) weitaus geringer: 6 bis 30 (durchschn. 18·6) μ lang, 3 bis 13 (durchschn. 7) μ breit.

Spaltöffnungsapparate werden von Müller nicht erwähnt. Sie kommen dennoch, wenn auch seltener als bei Uliginosum vor, nur sind sie viel kleiner; die einzelnen Schließzellen sind 8 bis 11 (durchschnittlich 9) μ lang, 7 bis 11 (durchschn. 8·4) μ breit, sonst wie bei der Sumpfheidelbeere.

C. Der Same von Vaccin. uliginosum.

Die Elemente der Epidermis sind im reifen Samen durchweg sklerosiert. Im Querschnitte ist ihre Form auf der Rückenseite gewöhnlich eine **U**-förmige, an der Bauchseite eine **V**-förmige, zuweilen quadratische und niedrigere, die oberen Schenkel stets abgerundet; in beiden Enden des Samens runden sich die Zellen ab. Länge 5 bis 18 (durchschnittlich 10·3) μ, Höhe 5 bis 11 (durchschn. 8) μ.

Die mit einer zarten Cuticula bedeckte Außenwandung ist dünn ($^3/_4$ bis 1 μ), gespannt oder gefaltet; sie quillt leicht und zeigt dann eine deutliche Schichtung, die Verholzung ist nur eine teilweise. Die stark verholzten Seitenwände und die ebenso beschaffene Innenwand sind vollständig verdickt. Die Verdickung ist überall fast gleich hoch (2 μ in jeder Zelle), reich mit spaltenförmigen, zumeist breiten, geraden Tüpfelkanälchen durchzogen, so daß die Wände zahlreiche Lappen und Wülste zeigen. Die Mittellamelle ist deutlich sichtbar.

In der Fläche betrachtet, erscheinen die sklerosierten Epidermiszellen vorwiegend als langgestreckte, rechteckige, aber auch gestreckt polygonale, zuweilen dreikantige Formen, in der Mitte der Rückenseite am längsten und weitesten, gegen die beiden Enden des Samens zu kürzer und schmäler. in diesen selbst fast isodiametrisch, im Kiele am schmälsten. Die meisten Zellen sind verbogen und haben abgerundete, manchmal einseitig gegabelte Enden; Länge 11 bis 100 (durchschn. 53) μ, Breite 10 bis 27 (durchschn. 18·4) μ, Lumen 2 bis 13 (durchschn. 7·5 bis 8) μ, Wandung 2 μ. Die Tüpfelung ist eine sehr dichte; die Tüpfel selbst sind nicht so scharf umschrieben wie bei Myrtillus, zumeist spaltenförmig, doch auch oval, dann deutlich spiralig, ja wirbelig angeordnet.

Auf die Epidermis folgen 6 bis 9 Lagen braungefärbter Zellen, Die äußerste Lage besteht — auf Querschnitten — aus weitlumigen, dünnwandigen, im Sinne der Epidermis gestreckten Zellen, die nächste Lage jedoch, ab und zu auch die zweitnächste, zeigen aber schon sehr niedrige Zellen, die den Übergang zu den übrigen Lagen vermitteln, deren

stark zusammengefallenen und obliterierten Elemente ihre zellige Struktur bloß durch die strichförmigen Lumina andeuten.

Das Endosperm ist 10 bis 12 Lagen dick. Seine mit dünnen, glänzenden Wandungen versehenen Zellen sind in der äußersten Lage annähernd quadratisch; die übrigen isodiametrisch, polygonal. Als Inhalt führen sie große Mengen Fett und zahlreiche, sehr kleine, rundliche Aleuronkörner, von denen sich 2 bis 3 in jeder Zelle durch ihre Größe und Form auszeichnen (Solitäre); sie sind oval oder abgerundet eckig, 1 bis 2 (durchschn. 1·5) μ lang, 1 bis 1·7 (durchschn. 1·2) μ breit.

D. Der Same von Vaccin. Myrtillus.

Der Bau dieses Samens entspricht jenem der Sumpfheidelbeere. Es sollen deshalb nur die unterscheidenden Merkmale hervorgehoben werden. Die Epidermiszellen sind im Querschnitte 8—15 (durchschnittlich 10) μ lang, 10—14 (durchschnittlich 12·5) μ hoch, also höher als bei Uliginosum, die Außenwandung dünner ($^1/_2$—$^3/_4$ μ), die anderen Wände hingegen dicker (2·5—3 μ). Die Angabe Müllers (a. a. O.), daß das äußere Drittel der Seitenwände in der Regel unverdickt bleibt, kann ich nicht bestätigen, die Verdickung reicht bis nahe zur Außenwand. Übrigens ist dies nebensächlich. Dahingegen ist es richtig, daß die eigenartigen Verdickungen an der Innenwand durchwegs gleich hoch, an den Seitenwänden hingegen ungleich hoch sind und gegen die Außenwand immer niedriger werden. Wie Müller anführt, schreitet die Verholzung der Wände tatsächlich von der Mittellamelle zentrifugal fort; auch die Außenwand ist in vollreifen Samen verholzt, sie ist jedoch, wie ich ermitteln konnte, niemals so stark, wie in den anderen Wandungen.

In der Fläche erscheinen die Epidermiszellen auch hier je nach der Lokalisation so verschieden geformt wie bei Uliginosum, daneben aber auch noch, obgleich selten — häufig im Kiel und den Rückenkanten — spindelförmig. Die Enden der Zellen sind im Gegensatz zu jenen bei Uliginosum gewöhnlich abgeflacht oder stumpfspitzig, die Zellen selbst nur selten verbogen, ihre Dimensionen durchwegs viel kleiner (Länge 10—75, durchschnittlich 42 μ, Breite 8—19, durchschnittlich 12 μ, Lumen 2—10, durchschnittlich 7 μ), die Wandungen aber dicker (2·5—3 μ). Die Solitäre sind doppelt so groß: 2—4 (durchschnittlich 2·5) lang, 1·75—4 (durchschnittlich 2) μ breit.

IV. Nachweis der Früchte und Samen in den Fäces.

Es ist allgemein bekannt, daß unter gewissen Umständen ganze Früchte und Samen oder große Teile derselben unverändert in den Fäces



erscheinen. Da beide unsere Beeren in vollreifem Zustande zu den am besten verdaulichen, pektinreichen saftigen Früchten gehören, so findet man sie verhältnismäßig selten im ganzen Zustande vor, es sei denn, daß die Beeren ohne Zermalmung genossen wurden. Es ist nur dann leicht, sie voneinander zu unterscheiden, wenn die Scheitelhälften erhalten geblieben sind. Unter gewöhnlichen Verhältnissen werden bloß größere oder kleinere Fetzen der Epidermis mit normalem oder mehr oder weniger verändertem Farbentone und häufig noch im Zusammenhange mit anderen Schichten der Beeren auffindbar sein. Hier entscheidet dann das Mikroskop. Zarte, unverholzte oder sonst unveränderte Zellen insbesondere Parenchymzellen werden, wenn sie nicht in größeren Massen beieinander bleiben, isoliert und verdaut; selten sieht man solche isolierte Zellen und kann ihren charakteristischen Inhalt, z. B. Krystalle, nachweisen. Dickere Zellulosemembranen sind auch dann, wenn sie unverändert bleiben, unverdaulich; noch mehr gilt dies von Pflanzenbestandteilen mit kutinisierten, verkorkten oder verholzten Wandungen. Solche unveränderte oder nur wenig veränderte Elemente müssen zur Differentialdiagnose herangezogen werden; wir haben sie in unserer Abhandlung hinreichend gewürdigt und hervorgehoben. Häufig stößt man auf Sklereiden, die offenbar durch Resorption der pektinhaltigen Mittellamelle (s. Moeller, Zeitschr. f. Biologie 35, 1897) isoliert worden sind. Ihre Zugehörigkeit ist dann nur schwer zu erkennen; leicht ist dies, wenn die Sklereiden miteinander noch im Zusammenhange stehen.

Die Samen der beiden besprochenen Beeren bleiben stets vollständig intakt; ihre Erkennung und Unterscheidung ist deshalb eine mühelose.

V. Chemische Bestandteile der Rauschbeere.

Eine eingehende chemische Untersuchung der Früchte der Rauschbeere scheint noch nicht vorgenommen worden zu sein. In der mir zur Verfügung stehenden Literatur finde ich nur zwei oberflächliche Angaben. F. Rochleder (Phytochemie 1854 S. 170) meint, daß die Beeren viel Zucker, die Blätter viel Gerbstoff enthalten und H. Karsten (Deutsche Flora 1880—1883, S. 902) vermutet in den ersteren ebenso wie in den Myrtillusfrüchten Chinasäure. Diese Säure ist in den Heidelbeeren nicht vorhanden, wohl aber Äpfelsäure. Andeutungen über das Vorhandensein verschiedener Substanzen geben die besprochenen mikrochemischen Reaktionen. Wie ich bereits bemerkt habe, behalte ich mir vor, das Resultat meiner Analysen nach Beendigung derselben zu veröffentlichen.

VI. Nutzen und Schaden der Rauschbeere.

Abgesehen von der angeblichen betäubenden Wirkung der Früchte soll die Pflanze nach Behlen (a. a. O.) auch insofern Schaden anrichten, als sie in großen Mengen auftretend, eine Verfilzung des Bodens verursacht und so die Keimung leichter Holzsamen erschwert. Sie soll früher zum Gerben des Leders gedient haben.

Blätter, die vom Moorschneehuhne (Lagopus albus Leach) gefressen werden, und Beeren waren früher als Folia und Baccae Myrtilli majoris in verschiedene Pharmakopoen aufgenommen (Rosenthal, Synopsis Plantar. diapuaricar. 1862); überhaupt spielten im 18. und im Anfange des 19. Jahrhunderts die Vacciniumarten in der Therapie eine ziemlich bedeutende Rolle.

Überall dort, wo die Beeren in ausgedehnten Beständen vorkommen, werden sie häufig gegessen (E. Reich, Die Nahrungs- und Genußmittelkunde 1860, I. Teil) so z. B. von den Tlinketindianern in Alaska (A. Krause 1885). In einzelnen Ländern wie in Ostsibirien, Rußland usw. dienen die Früchte zur Gewinnung starker Branntweine (Behlen a. a. O.); nach Versuchen Schüblers (Die Pflanzenwelt Norwegens 1875) eignet sich der Saft der Rauschbeere zum Vergären einer Art Weines, wie er auf dem Lande in Norwegen gebräuchlich ist, mit Zucker viel besser als jener der Heidelbeere.

VII. Volkstümliche Benennungen der Rauschbeere.[1]

Alpenheidelbeere (Unger, Theod. Steirischer Wortschatz 1903).

Anzuns (Graubünden).

Bedlarstuda (althochdeutsch).

Bergmandel, Bergmandle (Zwanziger, G. Ad. Verzeichnis der in Kärnten volkstümlichen deutschen Pflanzennamen im Jahrb. des naturhistorischen Landesmuseums von Kärnten, IX. Heft, 1888).

Bickbeere (Mark in der Priegentz); auch für die Heidelbeere gebräuchlich.

Bruchbeere (Bock a. a. O.).

Buderi (d. i. gezuckert), Budere, Butler.

Budatschli (Ulrich, A. Beiträge zur bündnerischen Volksbotanik, 2. Aufl. 1897).

Budlar (Graubünden bei Davos).

Bulbeeren, Bullgrafen (Pommern).

Bulberlock (desgl).

Bulgraven (Chytraeus Nomenclator latino-saxonicus 1582); auch für Vaccin. Myrtillus.

[1] Teilweise nach Pritzel u. Jessen, *Die deutschen Volksnamen der Pflanzen.* 1882.



Butteln (Graubünden bei Davos und Kloster).
Chlepfbeeri (d. i. Feuerknallen) (Schweiz).
Drumpelbeere (Bock a. a. O.).
Drunckelbeere (Ostpreußen, Mecklenburg).
Duunbeere (Lüneburg).
Fluderbeere (Schweiz).
Heidelbeere, große (Bock 1551 a. a. O., Schlesien).
Jägerbeere (Clusius: Pannonica 1583, Steiermark: Unger a. a. O.).
Jagelbeere (Bechstein, J. M.: Forstbotanik 1833).
Jrgelbeere (desgl.).
Jugelbeere (Münchhausen Hausvater, V. Bd., 1770).
Kostbeere (Gleditsch Schriften 1737—1789); auch für Vaccin. Vitis idaea und Prunus avium.
Kotecken, Kotitten (Unterweser, Bremen); auch für Caprifolium periclymenum.
Krackbeere (Münchhausen a. a. O.); auch für Vaccin. Myrtillus und — Vitis idaea.
Krackbesinge (Bechstein a. a. O.); desgl.
Kranbeere (Gleditsch a. a. O.); auch für Vaccin. Myrtillus und — oxycoccos.
Kranckeln (Nieder-Österreich: Höfer, F. und Kronfeld, M. Die Volksnamen der niederösterreichischen Pflanzen in Blätter der Vereins für Landeskunde von Nieder-Österreich 1889).
Krombeere (Bechstein a. a. O.).
Kuhtecken (Priegnitz); auch für Vaccin. Myrtillus.
Maurbeere (Fallersleben in Hannover).
Mehlbeere (Steiermark: St. Lambrecht); auch für Vaccin. Myrtillus, — Vitis idaea, Mespilus cotoneaster; nach Unger a. a. O. überdies für Crataegus oxyacantha, — aria und Sorbus aucuparia.
Moorbeere (Alteland, N.-Hannover: Münchhausen a. a. O.).
Moorheidelbeere.
Moosbeere (Schlesien, Steiermark: Unger a. a. O., Salzburg nach Storch Skizzen zu einer naturhistor. Topographie des Herzogtums Salzburg 1857); auch für Vaccin. oxycoccus, — Vitis idaea und Arbutus alpina.
Moosfakken, Moosvaccen (Ost-Tirol: v. Dalla Torre: Die volkstümlichen Pflanzennamen in Tirol und Vorarlberg 1895).
Moosevauen (Lienz in Tirol).
Moosheidelbeere (Münchhausen a. a. O.).
Munibeeren (Luzern).
Nabelbeeren (Riesengebirge).
Nebelbeere (Nord-Deutschland, Ost-Tirol, Kärnten nach Zwanziger a. a. O.,

Steiermark); wegen der Bereifung auch für echte Brombeeren gebräuchlich, ebenso für Empetrum nigrum.
Otterbeeren (Mark); auch für Rubus caesius Asch.
Pludern, Pluditsse (Graubündten).
Purgnaden (Mecklenburg).
Puttynaden (desgl., Pommern).
Rausch (Schlesien); auch für Vaccin. Myrtillus und — Vitis idaea, Arctosta phylos officinalis, Empetrum nigrum, Lolium temulentum und Myricagale. Die Bezeichnung „Rausch" kann sowohl auf das Rauschen der Blätter wie auf die Herbeiführung eines rauschartigen Zustandes zurückgeführt werden.
Rauschbeere, Rauschbeeri (am Rhein, Kärnten, Schweiz); auch für Vaccin. Vitis idaea und Empetrum nigrum.
Rauschbeerenstrauch; auch für Empetrum nigrum.
Rausch-Heidelbeere.
Rauschelbeere.
Roßbeeren (Bock, Gleditsch a. a. O.); auch für Vaccin. Myrtillus.
Schnuderbeeri (Schweiz).
Schwindelbeere, Schwindelbeeri (Nieder-Österreich nach Höfer a. a. O., Schweiz); auch für Vaccin. oxycoccos und Atropa Belladonna.
Suurbeeren (Unterweser bei Obernlud).
Sturlbeere (Tirol, in Paneaer nach Dalle Torre a. a. O.).
Sumpfbeere.
Sumpfheidelbeere.
Tollbeere (Mark).
Tränkelsbeere (Erzgebirge nach Čelakowsky a. a. O.).
Tringelbeere (Gleditsch a. a. O.); auch für Empetrum nigrum.
Trinkelbeere (Erzgebirge); desgl.
Trunkelbeere (Eifel, Mark, Pommern); desgl.
Tunkelbeere (Schlesien).
Uzum, Uzuns (Graubündten nach Ulrich a. a. O.).
Winnen-, Winsbeere (Unterweser).
Zorawa (Nieder-Lausitz); auch für Vaccin. oxycoccos.



Über die größere Lebensgefährdung des weiblichen Geschlechts durch den Keuchhusten.

Von

Prof. **Max Neisser** und Dr. **Lewis H. Marks.**

Die statistische Epidemiologie ist reich an Vergleichen verschiedener Bevölkerungsgruppen bezüglich Morbidität und Mortalität an Infektionskrankheiten, an Vergleichen, die sich auf verschiedene soziale Schichten gleichen Alters oder Geschlechts oder auf verschiedene Altersklassen einer Schicht oder auf verschiedene Rassen und dergleichen mehr erstrecken. Es fehlt auch nicht an regelmäßigen Unterschieden, die auf diese Weise statistisch festgestellt werden konnten. Aber so sicher manche dieser Tatsachen auch sind — die bloße statistische Betrachtung vermag in solchen Fällen fast niemals die Ursache der gefundenen Unterschiede klar zu legen. Es ist eben kaum möglich, zwei Bevölkerungsgruppen zu finden, die sich nur in einem wichtigen Punkt unterscheiden, deren Lebensbedingungen bis auf einen Punkt die gleichen sind. Dazu kommt bei den Infektionskrankheiten, daß verschiedene Gebiete schon deshalb schwer vergleichbar sind, weil die Existenzbedingungen des Infektionserregers seiner Symbionten und dergleichen am Platze A andere sein können als am Platze B. Wenn Scharlach in Japan als Todesursache kaum eine Rolle spielt, so kann das, abgesehen von der Richtigkeit der Diagnose, an den Japanern oder auch an dem japanischen Scharlach liegen. Die meisten Angaben über angeborene Disposition und Resistenz gegenüber Infektionskrankheiten, soweit sie auf statistischer Vergleichung beruhen, sind deshalb in ihrer Deutung als reine Unterschiede angeborener Dispositionen nicht einwandfrei und kaum verwertbar. Gerade deshalb schien es uns wichtig, noch einmal auf ein Thema hinzuweisen, das der eine von uns (Neisser) bereits



berührt hat[1]; in dieser Arbeit war eine statistische Vergleichung der Mortalität zweier Bevölkerungsgruppen vorgenommen worden, die sich unter völlig gleichen Bedingungen befanden und die nur bezüglich des Geschlechts verschieden waren. Es war verglichen worden die Sterblichkeit an Infektionskrankheiten der Kinder vom 1. bis 3. Lebensjahre, getrennt nach Geschlechtern. Das erste Lebensjahr war ausgeschaltet, weil die große Sterblichkeit an Verdauungskrankheiten alle anderen Unterschiede verdecken mußte. Es zeigte sich dabei als absolut regelmäßige Tatsache, daß in Berlin innerhalb 20 Jahren stets mehr Mädchen an Keuchhusten starben als Knaben, während umgekehrt in derselben Zeit mehr Knaben dieses Alters an Diphtherie starben als Mädchen.

In den untersuchten Altersklassen[2] war die Zahl der Lebenden beider Geschlechter wie 100:100·7; die Mortalität pro 1000 Knaben 55·7, pro 1000 Mädchen 53·8. Es verhält sich also die allgemeine Knabenmortalität zur allgemeinen Mädchenmortalität wie 100:**97**. Wurden nun die Mortalitätszahlen der Infektionskrankheiten in gleicher Weise berechnet, so zeigte sich, daß sich die Keuchhustenmortalität der Knaben zur Keuchhustenmortalität der Mädchen verhielt wie 100:**132**, während umgekehrt die Diphtheriemortalität der Knaben sich zur Diphtheriemortalität der Mädchen verhielt wie 100:**90**.

In derselben Arbeit findet sich eine entsprechende Zusammenstellung für Kristiania mit demselben Resultat. Auf 100 lebende Knaben im Alter von 1 bis 3 Jahren kamen in Kristiana während der Jahre 1880 bis 1904 99 Mädchen; von 1000 Knaben dieses Alters starben 43, von 1000 Mädchen 40; die allgemeine Mortalität verhielt sich also wie 100:**93**. In direktem Gegensatz steht die Keuchhustenmortalität, die sich bei den beiden Geschlechtern verhält wie 100:**158**.

Es schien also ein Gesetz vorzuliegen, dessen Gültigkeit für verschiedene Länder zu prüfen war. Bereits früher hatte, wie wir nachträglich sahen, A. Meyer[3] für die Schweiz folgende Mortalitätsprozentzahlen gefunden. 1888 bis 1897 Anzahl der Keuchhustentodesfälle zur Anzahl der Lebenden, Gleichaltrigen, Gleichgeschlechtigen

	Knaben	Mädchen
Alter 1 bis 2	8·9 Prozent	**12·5** Prozent
„ 2 „ 4	5·2 „	**7·6** „

[1] *Hygienische Rundschau.* 1906. Nr. 4.

[2] Berlin, *Statistisches Jahrbuch*, 1904, für die Jahre 1881—1900.

[3] *Zeitschr. f. schweiz. Statistik.* Bern 1900. Jahrg. XXXVI. Bd. I. S. 438.

Für Paris hat Bertillon[1] 1906 das gleiche für die Jahre 1886 bis 1905 festgestellt. Wir verdanken seiner Freundlichkeit eine briefliche Zusammenstellung, aus der sich folgendes ergibt. Im Alter 1 bis 4 kamen während des 20jährigen Zeitraums auf 100 Knaben 103 Mädchen. Es starben von 1000 Knaben dieses Alters 39·21; von 1000 Mädchen 37·2. Somit verhält sich die allgemeine Mortalität wie 100 : **95**, aber die Keuchhustenmortalität wie 100 : **138**. Die Diphtheriemortalität im Gegensatz dazu wie 100 : **88**.

Nicht aus allen Statistiken lassen sich die zu unserer Berechnung notwendigen Data für einen großen Zeitraum entnehmen. Es fehlt häufig die Teilung nach Geschlechtern oder aber die Abgrenzung des 1. Lebensjahres usw.; aus vielen Statistiken erfahren wir nur die Summe der Todesfälle überhaupt und die Summe der Keuchhustentodesfälle — nach Alter und Geschlecht getrennt, nicht aber die Summe der Lebenden dieser Altersklassen. Wir erfahren zwar so die Keuchhustenrate unter den Todesfällen für jedes Geschlecht und Alter, ohne aber zu wissen, wie sich in dem betreffenden Lande die Zahlen der lebenden Knaben zu den Mädchen stellt und wie die allgemeine Mortalität dieser Klasse ist.

Beide Faktoren aber können in den verschiedenen Ländern verschieden sein. Trotzdem läßt sich unser Gesetz mit genügender Sicherheit erkennen.

Wenn wir z. B. die Zahlen der in Budapest 1886 bis 1905 im Alter von 1 bis 5 Jahren gestorbenen Kinder betrachten, so zeigt sich wiederum das gleiche:

Diphtherie		Masern		Scharlach		Keuchhusten	
Knaben	Mädchen	Knaben	Mädchen	Knaben	Mädchen	Knaben	Mädchen
2242	2170	1384	1311	1535	1471	214	276

Es kamen also auf 100 an Keuchhusten gestorbene Knaben **129** an Keuchhusten gestorbene Mädchen. Es würde das noch nicht viel besagen und könnte z. B. an großem Mädchenüberschuß liegen, aber der Vergleich mit den Diphtheriezahlen beweist wieder unsere Gesetzmäßigkeit: Auf 100 an Diphtherie verstorbene Knaben kamen **97** an Diphtherie verstorbene Mädchen.

In seinem „Handbuch der medizinischen Statistik" (Jena 1906) weist Prinzing ausdrücklich auf die auffallende „immer wiederkehrende Beobachtung" hin, „daß Keuchhusten bei den Mädchen eine häufigere Todesursache ist als bei den Knaben" und bringt für England eine Statistik, welche die Todesfälle der Jahre 1891 bis 1900 im Verhältnis zur Zahl

[1] *Extraits de l'annuaire statistique de la ville. de Paris pro l'année 1904.* 1906.



der Lebenden, getrennt nach dem Geschlecht, aber nicht nach dem Alter, zeigt. Danach verhält sich die Keuchhustentodeszahl der Knaben zu der der Mädchen wie 100 : **117**. Die Diphtherietodeszahlen lassen sich in England schlecht zum Vergleich heranziehen, da bekanntlich Diphtherie als Todesursache in England (auch vor der Serumzeit) eine verhältnismäßig geringe Rolle spielt und außerdem eben die Eigentümlichkeit zeigt, keine besondere Knabentodesursache zu sein. Nehmen wir deshalb zum Vergleich Masern, so zeigt sich für den gleichen Zeitraum ein Verhältnis von 100 : **89**. Wir selbst verfügen nur über die Zusammenstellung von einem Jahr.

England und Wales 1905. Alter 1 bis 5.[1]

Masern		Scharlach		Keuchhusten	
Knaben	Mädchen	Knaben	Mädchen	Knaben	Mädchen
4075	3934	1086	1038	1805	**2459**
100	**97**	100	**96**	100	**136**

Aber nicht auf Europa ist diese Besonderheit beschränkt, auch in Amerika zeigt sich das gleiche:

New York City 1866 bis 1904.

Diphtherie		Masern		Scharlach		Keuchhusten	
Knaben	Mädchen	Knaben	Mädchen	Knaben	Mädchen	Knaben	Mädchen
24460	23084	6345	6151	10869	10080	2889	3557
100	**94·3**	100	**96·9**	100	**93·1**	100	**133·5**

Chicago zeigt für die Jahre 1897 bis 1906:

Todesfälle an Keuchhusten (alle Alter)		Diphtherie und Krupp	
Knaben	Mädchen	Knaben	Mädchen
962	1150	3359	3027
100	**119**	100	**90**

Weiterhin besitzen wir noch Zahlen aus Asien:

Japan 1902, Todesfälle an

Diphtherie		Keuchhusten	
Knaben	Mädchen	Knaben	Mädchen
2294	1377	991	**1126**
100	**86**	100	**114**

[1] *68. annual report of the Register-General of Births etc.* London 1907



Und schließlich verfügen wir, dank der freundlichen schriftlichen Mitteilung von Dr. J. Ashburton Thompson[1] über Zahlenangaben, aus denen sich für

Metropolis of Sydney 1901 bis 1905 (Australien)

folgendes ergibt: Die allgemeine Mortalität der Knaben (1 bis 5 Jahren) verhielt sich zur allgemeinen Mortalität der Mädchen wie 100:**94**, aber die Keuchhustenmortalität der Knaben zu der der Mädchen wie 100:**170**.

Es liegt also ein ganz allgemein gültiges Gesetz vor, das ebenso unabhängig von der Rasse wie von der Lokalität zu sein scheint; und auch die Häufigkeit des Keuchhustens ist nebensächlich, denn während in Japan von 1000 Todesfällen der Altersklasse 1 bis 5 nur **7·2** auf Rechnung des Keuchhustens kommen, sind es in Budapest für die gleiche Altersklasse **11**, in New York City **30**, in Paris (Alter 1 bis 4) **43**, in Frankfurt a. M. (1892 bis 1900, Alter 1 bis 5, hier nicht besonders aufgeführt, aber die gleiche Erscheinung zeigend) **54**.

Die höhere Keuchhustenmortalität der Mädchen ist ein Geschlechtscharakteristikum; sie ist nur von der Verschiedenheit des Geschlechts abhängig, und alle anderen Umstände sind gegenüber der angeborenen größeren Hinfälligkeit des weiblichen Geschlechts bezüglich des Keuchhustens ohne Bedeutung.

Die nächste Frage, ob denn auch das weibliche Geschlecht für die Keuchhustenerkrankung mehr disponiert sei als das männliche, ist nicht mit derselben statistischen Sicherheit zu beantworten. Es liegen teils einfache Additionen poliklinischer oder klinischer Fälle, teils amtliche Krankheitsmeldungen vor. Wir verzichten auf deren Wiedergabe, die zum Teil bei A. Meyer, zum Teil bei Prinzing und in den Handbüchern der Medizin und Kinderheilkunde zu finden sind. Ebenso wichtig wie diese Zahlen scheinen uns die Urteile der erfahrenen Ärzte und Kinderärzte, die alle in Übereinstimmung mit den vorhandenen Zahlen zu dem Schluß kommen, daß sowohl die Erkrankungshäufigkeit der Mädchen an Keuchhusten größer sei als die der Knaben, wie auch ihre Hinfälligkeit, wenn sie erkrankt sind. Als Ursache für die eigenartige Tatsache nimmt Prinzing (S. 351) an, „daß Blutarmut bei Mädchen viel häufiger ist als bei Knaben und daß der Keuchhusten für blutarme und skrofulöse Kinder eine gefährlichere Krankheit ist als für kräftige.“

Wir möchten speziellere angeborene Organunterschiede ansprechen und an eine angeborene Inferiorität des weiblichen Respirationsstraktus denken. Aber auch diese Inferiorität tritt wesentlich nur dem Keuch-

[1] *Public health Departement Sydney.*



husten gegenüber in Erscheinung. Es ist deshalb am plausibelsten, anzunehmen, daß das männliche Geschlecht über lokale oder allgemeine Abwehrstoffe gegen den Keuchhusten verfügt, welche das weibliche Geschlecht nicht in gleichem Maße besitzt; die relative Immunität der Knaben ist eine größere. Es ist natürlich möglich, daß für die Verbreitung des Keuchhustens die Knaben dieselbe Rolle oder sogar eine größere spielen, als die Mädchen. Von besonderem Interesse scheint uns aber zu sein, daß die Statistik eine über die ganze Erde gleichmäßig verbreitete angeborene Hinfälligkeit eines Geschlechts gegenüber einer Infektionskrankheit aufgedeckt hat.

Über antiseptische Beeinflussung von Galle und Harn durch innere Anwendung von Desinfizientien.

Von

Richard Stern
in Breslau.

I.

Die Frage, ob es gelingt, durch innere Darreichung von antiseptisch wirksamen Mitteln der Galle desinfizierende Wirkung zu verleihen, ob es Arzneimittel gibt, die in für diesen Zweck geeigneter Menge und Verbindung in die Galle übergehen, ist für die Klinik von großem Interesse.

Wir wissen heute, daß die Galle für viele pathogene Keime einen günstigen Nährboden darstellt und daß den Infektionen der Galle in der menschlichen Pathologie eine große Bedeutung zukommt. Die grundlegenden Untersuchungen Naunyn's haben die Bedeutung der Galleninfektion für die Entstehung der Cholelithiasis sehr wahrscheinlich gemacht, und wir kennen die Wichtigkeit sekundärer Infektionen der Galle (Cholangitis usw.) bei dieser Krankheit. Wir wissen ferner, wie häufig im Verlaufe des Abdominaltyphus eine Infektion der Galle mit Typhusbazillen vorkommt, und daß wahrscheinlich bei einem Teile der „Typhusbazillenträger" die Infektion des Darms immer wieder von der Galle aus erfolgt. Demnach wäre es eine wichtige Aufgabe der Therapie, durch länger dauernde antiseptische Beeinflussung der Galle ihrer Infektion vorzubeugen oder die schon eingetretene Infektion zu bekämpfen.

Die ersten Versuche nach dieser Richtung habe ich vor etwa 7 Jahren bei operativ angelegten Gallenfisteln angestellt; es handelte sich um Patienten der chirurgischen Klinik von Mikulicz, bei denen aus ver-

schiedenen Indikationen — meist wegen Folgen der Cholelithiasis — Gallenblasenfisteln angelegt worden waren. Ich wandte damals salizylsaures Natron und Salol, meist in Dosen von 5 bis 6^{grm} pro Tag, an; die Versuche fielen negativ aus; doch fügte ich bereits meiner damaligen kurzen Mitteilung[1] hinzu, daß die positiven Erfolge bezüglich der antiseptischen Beeinflussung des Harns, über die ich gleichzeitig berichten konnte, auch zu weiteren analogen Versuchen bezüglich der Galle ermutigen.

Bevor ich auf meine inzwischen fortgesetzten Beobachtungen eingehe, habe ich die seitdem veröffentlichten Versuche von F. Kuhn und seinem Schüler Usener[2] zu erwähnen. Kuhn übertrug zunächst ein Verfahren, durch das er früher die Wirkung antiseptischer Mittel auf die Gasgärung im Mageninhalt untersucht hatte, auf die Galle. Er setzte zu diesem Zwecke der Galle 1 Prozent Traubenzucker zu und impfte sie dann mit einer kleinen Menge Fäces. Die Menge der Gase, die sich bei der dann entstehenden Zuckergärung bildeten, wurde in Gärungsröhrchen ungefähr bestimmt. Bei Zusatz von verschiedenen Antisepticis konnten dann vergleichende Bestimmungen über ihre hemmende Wirkung auf die Gärung des der Galle zugesetzten Zuckers vorgenommen werden. So fand sich z. B., daß Thymol in einer Konzentration von 0·05 bis 0·1 Prozent, Menthol und Natrium salicylicum in einer Konzentration von 0·1 Prozent, Aspirin erst in einer Konzentration von 1·0 Prozent die Gallengärung zu verzögern vermochte. Eine Unterdrückung der Gasgärung — „Sterilisierung", wie Kuhn schreibt, — fand sich bei einer Konzentration des Thymol von 0·1 Prozent, des Menthol von 0·25 Prozent, des Natrium salicylicum von 0·6 Prozent, des Aspirin von 2·5 Prozent.

Ich will hier nicht näher darauf eingehen, daß die Impfung mit einem inkonstanten Bakteriengemisch, wie es die Fäces darstellen, kein sehr zuverlässiges Verfahren sein kann. Kuhn und Usener geben an, bei diesem Vorgehen gut vergleichbare Resultate erhalten zu haben, und überdies ließe sich dieser Mangel der Versuchsanordnung leicht beseitigen, indem man die mit Zucker versetzte Galle mit der Reinkultur eines geeigneten Gärungserregers impft. Aber aus derartigen Reagenzglasversuchen lassen sich überhaupt keine sicheren Schlüsse auf den Wert der verschiedenen Mittel als „Gallenantiseptica" ziehen. Denn die Medikamente, die per os oder subkutan dem Organis-

[1] Über innere Desinfektion. *Festschrift* für E. v. Leyden. Berlin 1902.

[2] F. Kuhn, *Zeitschrift für klin. Medizin.* Bd. LIII und *Münchener med. Wochenschrift.* 1904. Nr. 33. — Usener, Experimentelle Beiträge zur inneren Desinfektion. *Inaug.-Diss.* Bonn 1904.



mus zugeführt werden, sind meist nicht in der gleichen chemischen Verbindung in der Galle enthalten, als wenn man sie im Reagenzglase der Galle direkt zusetzt. So hat z. B. bezüglich des Menthols M. Bial[1] nachgewiesen, daß dieses, per os oder subkutan eingeführt, in der Galle als Mentholglukuronsäure ausgeschieden wird. Die Wirkung des Menthols als Gallenantisepticum wird also davon abhängen, ob die Mentholglukuronsäure antiseptisch wirkt, ferner ob diese in der Galle durch Mikroorganismen unter Abspaltung von Menthol zerlegt wird, ob vielleicht Menthol auch in anderer Form in der Galle ausgeschieden wird usw. — Ein weiteres Beispiel: wenn Kuhn in seinen Reagenzglasversuchen findet, daß vom Aspirin die zehnfache Menge notwendig sei als vom Natrium salicylicum, um die Gallengärung zu verzögern, so läßt auch dies durchaus keinen Schluß auf das Verhalten bei Einführung per os zu. Denn bekanntlich wird aus dem Aspirin erst im Darm Salizylsäure abgespalten.[2]

Usener hat in zwei Fällen an operativ angelegten Gallenfisteln die Galle nach dem Verfahren Kuhns vor, während und nach innerlicher Darreichung von Natrium salicylicum, Aspirin und Menthol untersucht. Nach Dosen von 6mal täglich 1 ^{grm} Natrium salicylicum oder Aspirin fand sich in dem einen Falle eine deutliche Verringerung der Gasgärung in der mit Traubenzucker versetzten und mit Fäces geimpften Galle. Die Darreichung von 5mal 1 ^{grm} Menthol hatte keine Erhöhung der durch die Salizylverbindungen erreichten Wirkung zur Folge. Eine vollständige Unterdrückung der Gasgärung wurde auch nach mehrtägiger Darreichung der genannten Medikamente nicht erzielt. Bei der zweiten Versuchsperson wurde zuerst Menthol in der erwähnten Dosis gegeben. Es trat eine mäßige Verringerung der Gasgärung ein; als noch dazu 6mal täglich 1 ^{grm} Aspirin gegeben wurde, nahm die Gärung etwas stärker ab.

Die Resultate Useners würden somit nur einer mäßigen Entwicklungsverlangsamung der in der Galle befindlichen Gärungserreger entsprechen, nicht einer vollständigen Entwicklungshemmung und noch weniger einer wirklichen Desinfektion der Galle. Indes selbst dieser Schluß scheint mir bei der Versuchsanordnung Kuhns nicht ganz sicher, wenigstens soweit es sich um die Wirkung der Salizylpräparate handelt. Usener gibt an, daß die Galle unter Salizylgebrauch ihre Beschaffenheit änderte: während sie anfangs schleimig, zähflüssig, fadenziehend war, wurde

[1] M. Bial, *Zeitschrift für physiol. Chemie.* 1905. Bd. XLV.

[2] Tatsächlich bewirkten denn auch in den alsbald zu erwähnenden Versuchen Useners Aspirin und Natrium salicylicum bei innerer Darreichung in gleichen Dosen ungefähr dieselbe Beschränkung der Gasgärung in der durch eine Gallenblasenfistel entleerten Galle.



sie unter der Einwirkung des Salizyls „hell, wasserflüssig“, um wenige Tage nach Aussetzen des Salizyls wieder ihre frühere Beschaffenheit anzunehmen. Es ist nun möglich, daß diese veränderte Beschaffenheit der Galle, insbesondere ihr größerer Wassergehalt, verzögernd auf das Wachstum der ihr zugesetzten Gärungserreger wirkte. Ohne genaue bakteriologische Untersuchung, die von Usener nicht ausgeführt wurde, läßt sich das nicht entscheiden.

Aber selbst wenn eine Entwicklungsverzögerung der Gärungserreger in der Galle anzunehmen wäre, so würde dies noch durchaus nicht eine Behinderung des Bakterienwachstums überhaupt beweisen. Veränderungen des Nährbodens können z. B. Überwucherung der Gärungserreger durch andere Mikroorganismen der Fäces zur Folge haben. Wie sich in einer derartigen Galle pathogene Bakterien verhalten würden, läßt sich aus solchen Gärungsversuchen nicht entnehmen. Die Qualität der in der Galle enthaltenen Mikroorganismen spielt sicherlich bei diesen Versuchen eine wichtige Rolle. Wird doch z. B. die Mentholglukuronsäure durch Mikroorganismen oder Fermente, die in den Fäces enthalten sind, gespalten[1]; deshalb hängt, wie bereits oben erwähnt, mindestens die Wirkung des Menthols als Gallenantisepticum u. a. auch von der chemischen Leistung der in der Galle enthaltenen Mikroorganismen ab. —

Meine eigenen Versuche, die ich gemeinsam mit Herrn Dr. Steinberg zum Teil noch an Patienten der Klinik von Mikulicz, zum Teil an solchen der medizinischen Poliklinik und der chirurgischen Abteilung des Allerheiligenhospitals (Primärarzt Prof. Tietze) angestellt habe, wurden in folgender Weise ausgeführt: Die Galle wurde zuerst unbeeinflußt durch Medikamente, dann während mehrtägiger Anwendung der zu prüfenden Mittel untersucht; sie wurde aus dem Drainrohr in einem sterilen Gefäß aufgefangen. Da es sich stets um infizierte Galle handelte, konnten die in ihr enthaltenen Mikroorganismen — meist Coli-, zuweilen auch Proteusbazillen — als Testobjekt für eine etwaige desinfizierende Wirkung der Galle benutzt werden. Waren in das vorgelegte sterile Gefäß einige Kubikzentimeter Galle eingeflossen, so wurde ihr Keimgehalt bestimmt. (Wartet man mehrere Stunden, bis eine größere Menge Galle ausgeflossen ist, so kann sich der Keimgehalt inzwischen geändert haben.) Mittels einer in $^{1}/_{100}$ ccm eingeteilten sterilen Pipette wurden abgemessene Mengen der Galle in verflüssigten Agar gebracht und zu Platten ausgegossen. Bei hohem Keimgehalt der Galle wurde zunächst eine Verdünnung mit abgemessenen Mengen einer 0·8 prozent. Kochsalzlösung vorgenommen.

[1] Vgl. Bial, a. a. O.

Dann kam die Galle, vor Verdunstung geschützt, in den Brütofen (37°); nach verschieden langer Zeit wurde aufs neue die Keimzahl festgestellt. Eine Ausdehnung derartiger Versuche über 24 Stunden hinaus empfiehlt sich nicht, da verschiedene Fehlerquellen um so mehr ins Gewicht fallen, je länger der Versuch dauert.[1] Unbeeinflußte Galle zeigte während der ersten 24 Stunden meist eine mäßige, manchmal eine erhebliche Zunahme der in ihr enthaltenen Keime; bei sehr hohem Keimgehalt war zuweilen eine Zunahme nicht zu konstatieren.

Als Medikamente wurden auch in diesen Versuchen Menthol, das mir namentlich auf Grund meiner früher (a. a. O.) mitgeteilten Versuche an menschlichem Dünndarminhalt geeignet erschien, und Salizylverbindungen (Natr. salicyl. und Aspirin) angewandt. Nach dem Einnehmen des Menthols in Kapseln oder Pillen klagten die Patienten öfters über ein brennendes Gefühl im Magen; deshalb wurde Menthol bei den späteren Versuchen meist in mit Formaldehyd gehärteten Gelatinekapseln[2], die nach einem von Herrn Dr. Rumpel (Breslau) angegebenen Verfahren hergestellt waren, verabreicht. Einmal wurden intramuskuläre Injektionen von Menthol in öliger Lösung versucht (vgl. unten Fall 5), die ich auch zu therapeutischen Zwecken in einem nicht operierten Falle von Cholangitis versucht habe, — übrigens ohne wahrnehmbaren Erfolg. In diesem letzteren Falle wurden die Injektionen schmerzhaft empfunden.

Die Zahl der mir für diese Untersuchungen zur Verfügung stehenden Fälle war bisher nur klein, und in einem Teile davon wurden die begonnenen Versuche durch äußere Umstände (z. B. Herausgleiten des Drains aus der Fistel, Verringerung der Gallenentleerung aus der Fistel usw.) vereitelt oder konnten doch nicht so lange fortgesetzt werden, wie es wünschenswert gewesen wäre. Nur bei fünf Patienten konnten die Versuche einige Tage hindurch durchgeführt werden. Ein Auszug aus den Versuchsprotokollen sei hier mitgeteilt:

Fall 1. Gallenblasenfistel. Patient der chirurgischen Klinik.

22. VI. 1904 vormittags unbeeinflußte Galle.

Nach Stunden bei 37°	Zahl der Keime in 0·05 ccm
0 (anfänglicher Keimgehalt)	4 000
4	12 000
24	60 000

[1] Vgl. hierzu die späteren Ausführungen über Harn-Antiseptica.

[2] Die Anwendung solcher Kapseln für klinische Zwecke stammt von Sahli.



23. VI. Patient hat am 22. VI. um $12^1/_2$, $4^1/_2$, $8^1/_2$ Uhr, heute um $5^1/_2$, $8^1/_2$, $12^1/_2$, $3^1/_2$ Uhr je 0·5 grm Menthol genommen. Untersucht wird die um 5 Uhr nachmittags aufgefangene Galle. Kein Unterschied gegenüber den Zahlen des vorigen Tages.

24. VI. Patient hat von heute morgen bis nachmittags 4 Uhr 5 mal 0·5 grm Menthol erhalten (um 8, 10, 12, 2, 4 Uhr). Untersucht wird die um 5 Uhr nachmittags aufgefangene Galle.

Nach Stunden bei 37°	Zahl der Keime in 0·05 ccm
0 (anfänglicher Keimgehalt)	2 000
4	300
$18^1/_2$	0

Am folgenden Tage wird ein Teil dieser Galle, die im Laufe des Versuches steril geworden war, mit Typhusbazillen geimpft.

Nach Stunden bei 37°	Zahl der Keime in 0·05 ccm
0 (Aussaat)	ca. 50 000
6	0
25	0

Fall 2. Patientin der medizinischen Poliklinik mit Cholelithiasis und längere Zeit bestehender, operativ angelegter Gallenblasenfistel. Galle stark infiziert, trübe, bei etwas längerer Aufbewahrung in dem Rezipienten, den Patientin trägt, fötid.

12. IX. 1904. Unbeeinflußte Galle.

Nach Stunden bei 37°	Zahl der Keime in 0·0005 ccm
0 (anfänglicher Keimgehalt)	ca. 10 000
14 (Galle fötid)	ca. 50 000

14. X. Patientin hat gestern 8 mal 0·2 grm Menthol, heute 3 mal (um 6, 8, 10 Uhr) je 0·2 grm Menthol genommen. Die um $9^1/_2$ bis $10^1/_2$ Uhr sowie die um $10^1/_2$ bis $11^1/_2$ Uhr aufgefangene Galle zeigt bezüglich des ursprünglichen Keimgehaltes und der Vermehrung der Keime beim Aufbewahren der Galle keinen Unterschied gegenüber dem vorigen Versuche.

15. X. Patientin hat am 14. X. nachmittags weiter um 1, 3, 5, 7, 9 Uhr, am 15. X. um 6, 8, 10 Uhr je 0·2 grm Menthol genommen. Untersucht wird die von 10 bis 11 Uhr gesammelte Galle; sie ist klarer wie früher.

Nach Stunden bei 37°	Zahl der Keime in 0·0005 ccm
0 (anfänglicher Keimgehalt)	3 000
6 (Galle etwas trüber)	12 000
24 (Galle noch trüber, etwas fötid)	60 000



17. X. Patientin hat weiter am 15. X. nachmittags um 2, 4, 6, 8 Uhr je 0·2 grm Menthol; am 16. X. um 8 und 10 Uhr je 0·2, um 12 Uhr 0·5, um 2, 4, 6, 8 Uhr je 0·3 grm Menthol; am 17. X. um 6, 8, 9 Uhr je 0·5 grm Menthol genommen. Untersucht wird die um 10$^1/_2$ bis 11$^1/_2$ Uhr gesammelte Galle; sie ist etwas trüb.

Nach Stunden bei 37°	Zahl der Keime in 0·0005 ccm
0 (anfänglicher Keimgehalt)	300
6	10 000
21 (Galle trüber, nicht fötid)	60 000

22. X. Patientin hat seit dem 18. X. kein Medikament genommen. Unbeeinflußte Galle, von 10$^1/_2$ bis 11$^1/_2$ Uhr vormittags gesammelt.

Nach Stunden bei 37°	Zahl der Keime in 0·0005 ccm
0 (anfänglicher Keimgehalt)	ca. 6 000
5$^1/_2$	10 000
24 (Galle etwas fötid)	∞

24. X. Patientin hat am 22. X. um 2, 5, 8 Uhr nachmittags, am 23. X. um 8, 11, 5, 8 Uhr, am 24. X. um 7 und 9 Uhr je 1 grm Natrium salicylicum erhalten. Untersucht wird die von 10$^1/_2$ bis 11$^1/_2$ Uhr gesammelte Galle.

Nach Stunden bei 37°	Zahl der Keime in 0·0005 ccm
0 (anfänglicher Keimgehalt)	6 000
5$^1/_2$	20 000
22 (Galle trüber, nicht fötid)	∞

27. X. Nach weiterer Darreichung von täglich 4 grm Natr. salicyl. seit dem 23. X. ein Versuch mit ganz demselben Resultat wie soeben mitgeteilt.

28. X. Am 27. X. 6 grm, am 28. X. um 6, 8, 10 Uhr je 1·0 grm Natr. salicyl. Die von 10$^1/_2$ bis 11$^1/_2$ Uhr aufgefangene Galle läßt wiederum weder eine Abnahme des alsbald bestimmten Keimgehalts noch eine Verzögerung der Vermehrung der Keime beim Stehenlassen der Galle erkennen.

Fall 3. Patient der chirurgischen Abteilung des Allerheiligen-Hospitals. Gallenblasenfistel.

21. XI. 1905. Unbeeinflußte Galle.

Nach Stunden bei 37°	Zahl der Keime in 0·002 ccm
0	30 000
5	50 000
24	∞



24. XI. Patient hat am 23. XI. um 12, 2, 4, 6, 8 Uhr, am 24. XI. um 6, $7\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{2}$ Uhr je 0·4 grm Menthol genommen. Untersucht wird die von $9\frac{1}{2}$ bis $11\frac{1}{2}$ gesammelte Galle.

Nach Stunden bei 37°	Zahl der Keime in 0·002 ccm
0	20 000
$4\frac{3}{4}$	20 000
23	∞

25. XI. Patient hat weiter am 24. XI. um 2, 4, 6, 8 Uhr, am 25. XI. um $6\frac{1}{2}$, 8, $9\frac{1}{2}$ Uhr je 0·4 grm Menthol genommen. Untersucht wird die von $9\frac{1}{2}$ bis $11\frac{1}{2}$ gesammelte Galle. Der Versuch fällt ganz analog dem eben mitgeteilten aus. In den ersten 5 Stunden bleibt die Zahl der Keime etwa gleich, später Vermehrung.

Fall 4. Patient der chirurgischen Abteilung des Allerheiligen-Hospitals. Cholelithiasis, Hepaticus-Drainage.

10. I. 1906. Galle von 9 bis 11 Uhr vormittags, unbeeinflußt.

Nach Stunden bei 37°	Zahl der Keime in 0·002 ccm
0 (anfänglicher Keimgehalt)	12 000
$4\frac{1}{2}$	20 000
24	ca. 30 000

12. I. Patient hat am 10. I. um 12, 3, 6 Uhr, am 11. I. um 8, 12, 3, 6 Uhr, am 12. I. um 8 und 10 Uhr je 1·0 grm Aspirin genommen.

Ein Versuch mit der am 12. I. von 10 bis 12 Uhr vormittags gesammelten Galle erzielt ein ähnliches Resultat, wie bei der unbeeinflußten Galle.

16. I. Patient hat weiter am 12. I. um 3 und 6 Uhr, am 13. bis 15. I. je 4 mal täglich 1·0 grm Aspirin genommen, ebenso am 16. I. um 8 und 10 Uhr vormittags. Untersucht wird die am 16. I. von 10 bis 12 Uhr gesammelte Galle:

Nach Stunden bei 37°	Zahl der Keime in 0·002 ccm
0	4 000
$4\frac{1}{2}$	6 000
23	ca. 50 000

Fall 5. Patient der chirurgischen Abteilung des Allerheiligen-Hospitals. Eitrige Cholangitis und — wie die Sektion zeigte — multiple, kleine Leberabszesse. Hepaticusdrainage. Bei diesem Patienten, der am 10. VI. operiert wurde und am 13. VI. starb, wurden intramuskuläre Mentholinjektionen — Menthol cryst. 20·0, ol. Floricini pur. 30·0, nach einem Vorschlage, den Berliner (Verhandlungen der medizinischen Sektion der Schles. Gesellschaft für vaterländ. Kultur vom 19. Mai 1905) für andere Zwecke machte — versucht. Zwei Injektionen, am 11. VI. 2·5 ccm, am 12. VI. 5 ccm obiger



Lösung, ließen in der sehr viel Mikroorganismen enthaltenden Galle keine sichere Abnahme der Keimzahl erkennen. Doch zeigte die nach den Mentholinjektionen entleerte Galle nach 24 stündiger Aufbewahrung bei 37° keinen fötiden Geruch, während die unbeeinflußte Galle schon nach etwa 16 stündigem Stehen bei 37° deutlich roch. Eine Verzögerung der Entwicklung (mindestens eines Teiles) der in der Galle befindlichen Keime war demnach wahrscheinlich eingetreten.

Die weitaus besten Resultate wurden in Fall 1 erreicht. Hier wurde nach dreitägigem Mentholgebrauch (3 bis 5 × 0·5 Menthol, im ganzen 6·0 Menthol, am Versuchstage die Tagesdosis im Laufe von 8 Stunden) eine Galle entleert, die innerhalb 4 Stunden eine sehr erhebliche Verminderung und innerhalb 18 Stunden eine vollständige Abtötung der in ihr enthaltenen zahlreichen Keime bewirkte. Nachdem so die Galle steril geworden war, wurden ihr zur weiteren Prüfung ihrer antiseptischen Wirkung Typhusbazillen in großer Menge zugesetzt; diese wurden innerhalb 6 Stunden vollständig abgetötet.

Auch nur annähernd gleich günstige Resultate wurden bisher in keinem anderen Falle erzielt; allerdings wurde auch in diesen Fällen eine so hohe Mentholdosis wie bei dem erwähnten Versuche (2·5 Menthol im Laufe von 8 Stunden) nicht erreicht.

In Fall 2 trat nach den anfänglichen geringeren Mentholdosen keine deutliche Wirkung ein; als später die Dosis gesteigert wurde, sank der Keimgehalt der Galle ganz erheblich. Ich möchte hier nur auf sehr große Unterschiede Wert legen; doch ist es wohl kein Zufall, wenn der Keimgehalt, der bald nach der Entleerung untersuchten Galle von ca. 10000 auf 300 in der zur Aussaat benützten Menge zurückging, um nach Aussetzen des Menthols wieder auf ca. 6000 zu steigen. Eine entwicklungshemmende Wirkung zeigte indes diese Galle (Versuch vom 17. X.) nicht. Dies ist wohl nur so zu erklären, daß das Menthol zwar zeitweise eine beträchtliche Entwicklungshemmung (vielleicht auch Abtötung) der in der Galle enthaltenen Keime bewirkt hat, daß aber die übrig gebliebenen Mikroorganismen durch den Mentholgehalt der untersuchten Galle nicht gehemmt wurden. Ähnliche Erfahrungen haben wir wiederholt bei der Untersuchung der Wirkung der Harnantiseptica gemacht.

In Fall 2 wurde dann weiterhin Natrium salicylicum (4 mal täglich 1 ^{grm}) gegeben; auch nach fast 7 tägiger Fortsetzung dieser Therapie war eine Wirkung nicht zu konstatieren.

In Fall 3 wurde bei 3 tägiger Mentholbehandlung — in allerdings etwas kleineren Dosen als in Fall 1 — höchstens eine geringe Entwicklungsverzögerung während der ersten Stunden beobachtet.



In Fall 4 wurde 6 Tage hindurch 4 grm Aspirin (am ersten Tage nur 3) gegeben, außerdem am Vormittag des mitgeteilten Versuches (16. I.) 2 grm. Ein sicherer Erfolg war nicht zu beobachten. Ob die Abnahme der Keimzahl in der Galle auf etwa $^1/_3$ der ursprünglichen als eine Wirkung der Therapie aufzufassen ist, kann ich nicht entscheiden, da in diesem Falle weder vor noch nachher eine größere Zahl von Bestimmungen des Keimgehalts der unbeeinflußten Galle gemacht werden konnten. In Fall 5 konnten nur zwei intramuskuläre Mentholinjektionen gemacht werden. Eine Wirkung war auch hier nicht zu erkennen; doch blieb die Menge des verabreichten Menthols erheblich hinter der in Fall 1 angewandten zurück.

Aus diesen Versuchen wird man vorläufig schließen dürfen, daß es mit großen Dosen Menthol gelingen kann, der Galle antiseptische Wirkung zu verleihen; freilich verfüge ich vorläufig nur über einen beweisenden Versuch. Bei etwas kleineren Mentholdosen wurde in einem anderen Falle eine auffällige Abnahme des Keimgehalts der Galle (aber keine Entwicklungshemmung gegenüber den in ihr noch vorhandenen Keimen) beobachtet.

In zwei weiteren Fällen wurde von geringeren Mentholdosen eine Wirkung nicht gesehen; ebensowenig in zwei Fällen von der mehrtägigen Darreichung von viermal täglich 1 grm Natrium salicylicum oder Aspirin.

Natürlich bedürfen diese Versuche weiterer Fortführung, ehe man irgendwelche Schlüsse hinsichtlich der klinischen Anwendbarkeit der „Gallenantisepsis" ziehen darf. Außer den bisher versuchten müssen auch andere in die Galle übergehende, antiseptisch wirkende Arzneimittel auf ihre Verwendbarkeit für diesen therapeutischen Zweck geprüft werden. Da das Material zu solchen Untersuchungen dem Chirurgen häufiger und leichter zur Verfügung steht als dem Internen, so glaubte ich meine bisherigen Versuche mitteilen zu sollen, um zu weiterer Arbeit auf diesem Gebiete anzuregen.

II.

Die folgenden Mitteilungen über antiseptische Beeinflussung des Harns durch innere Mittel knüpfen an experimentelle Untersuchungen an, die ich vor einigen Jahren gemeinsam mit F. Reche, O. Sachs und E. Bruck[1] angestellt habe; sie sind in den Arbeiten dieser

[1] F. Reche, Über antiseptische Beeinflussung des Harns durch innerlich dargereichte Antiseptica. *Inaug.-Diss.* Breslau 1902. — O. Sachs, Experimentelle Untersuchungen über Harnantiseptica. *Wiener klin. Wochenschr.* 1902. — E. Bruck, Experimentelle Untersuchungen über die Wirkungen des Urotropins und Neu-Urotropins. *Inaug.-Diss.* Breslau 1903. (In diesen Arbeiten auch weitere Literatur-Angaben.)



Herren sowie in einer zusammenfassenden Mitteilung von mir[1] veröffentlicht.

Die Arbeiten von Reche und Sachs dienten zur Orientierung darüber, ob und inwieweit eine antiseptische Wirkung des Harns durch die gebräuchlichen „Harnantiseptica“ zu erzielen ist. Die Versuche wurden in zweierlei Weise angestellt: Einmal an normalem Harn, der unter Einwirkung der zu untersuchenden Mittel entleert und dann mit einer abgemessenen Menge Kulturaufschwemmung von pathogenen Mikroorganismen — meist Typhusbazillen, seltener Colibazillen oder Staphylokokken — versetzt wurde. Sofort nachher wurde dann in ähnlicher Weise, wie oben bei den Versuchen mit Galle geschildert, der Keimgehalt des Harns bestimmt. Dann kam der Harn, vor Verdunstung geschützt, in den Brütofen (37 °) und nach verschieden langer Zeit wurde der Keimgehalt des Harns wiederholt ermittelt. Natürlich wurde in jedem Falle auch hier vorher der unbeeinflußte Harn in seiner Wirkung auf die zu untersuchenden Mikroorganismen geprüft. Es ist ja bekannt, daß z. B. durch stark sauren Harn Typhusbazillen teilweise abgetötet werden können; aber auch abgesehen von der Reaktion kommen nach unseren inzwischen weiter fortgesetzten Versuchen erhebliche Unterschiede in der Beschaffenheit des Harns als Nährboden für Bakterien vor, wie dies ja leicht verständlich ist, wenn man den verschiedenen Salzgehalt und die sonstigen Differenzen in der chemischen Zusammensetzung berücksichtigt.

In anderen Versuchen wurde — ebenso, wie bei den oben mitgeteilten Gallenversuchen — die Einwirkung des Harns bei Cystitis, Pyelitis usw. auf die in ihm enthaltenen Mikroorganismen untersucht. Im allgemeinen ist es nach unseren weiteren Erfahrungen hier noch weniger als bei den Versuchen mit Galle ratsam, die Versuche auf längere Zeit als höchstens 24 Stunden auszudehnen, weil durch Veränderungen des Nährbodens (Ansammlung von Stoffwechsel- und Zerfallsprodukten der Mikroorganismen, vielleicht auch Erschöpfung des Nährmaterials), durch gegenseitige Beeinträchtigung verschiedenartiger Mikroorganismen in pathologischen Fällen, ferner durch allmähliche Abspaltung antiseptisch wirksamer Verbindungen im Harn (z. B. im Salolharn), durch Entweichen flüchtiger Antiseptica (z. B. in Versuchen von Reche mit Terpentinöl) die Bedingungen des Versuches, je länger er fortgesetzt wird, immer weniger dem Verhalten des Urins innerhalb der Harnorgane entsprechen. So ergeben sich mannigfache Fehlerquellen, die das Resultat in verschiedenartiger Weise beeinflussen können. Häufig haben wir deshalb die Versuchsdauer auf 6 Stunden beschränkt.

[1] A. a. O.



Unbeeinflußte pathologische Harne, die intensiv harnstoffzersetzende Mikroorganismen enthalten, können nach mehr als 24 stündiger Aufbewahrung bei 37° völlig steril werden. Steinberg hat bei längerer Ausdehnung derartiger Versuche wiederholt gefunden, daß diese „Selbst-Sterilisation" langsamer eintrat, wenn vorher ein Harnantisepticum gegeben war, als im unbeeinflußten Harn.

Als wesentliches Resultat der früheren Versuche, insbesondere mit normalem Harn, hatte sich ergeben, daß das von Nicolaier unter dem Namen Urotropin in die Praxis eingeführte Hexamethylentetramin den übrigen damals bekannten Harnantisepticis weit überlegen war. Bei Dosen, die allerdings etwas größer waren als die gewöhnlich empfohlenen, nämlich bei 3 bis 4 ^{grm} pro Tag, bewirkte der Harn innerhalb 6 Stunden eine deutliche Abnahme von zugesetzten Typhusbazillen, innerhalb 24 Stunden oft eine fast vollständige Abtötung. Wurden in kurzer Zeit größere Dosen Urotropin gegeben, z. B. 4 ^{grm} innerhalb weniger Stunden, so trat in dem unter ihrer Einwirkung entleerten Harn bereits innerhalb 3 Stunden eine Abtötung der zugesetzten Mikroorganismen ein.

Von den übrigen als Harnantiseptica empfohlenen Mitteln hatten nur die Salizylpräparate und Methylenblau in großen Dosen eine entwicklungshemmende Wirkung des Harnes zur Folge; die Salizylsäure verlieh in einer Tagesdosis von 4 ^{grm} dem Harn auch bakterientötende Wirkung; doch war die Wirkung erheblich schwächer als bei gleichen Dosen Urotropin. Auch haben größere Salizyldosen, wie bekannt, häufig unangenehme Nebenwirkungen und sind wegen ihrer reizenden Wirkung auf die Nieren — besonders bei gleichzeitiger Nierenaffektion — nicht unbedenklich. Camphersäure, Oleum santali, Copaivabalsam, Terpentinöl, Borsäure, Kalium chloricum zeigten teils nur geringe oder inkonstante, teils überhaupt keine Wirkung; wegen der Einzelheiten darf ich hier auf die erwähnten früheren Arbeiten verweisen.

Auch bei den Versuchen mit pathologischen Harnen (bei Cystitis und Pyelitis) zeigte sich das Urotropin den übrigen Mitteln überlegen, wenngleich hier, wie alsbald näher besprochen werden soll, die Resultate erheblich weniger günstig sind, wie in den Versuchen mit normalem Harn.

In den letzten Jahren habe ich gemeinsam mit mehreren meiner Assistenten, insbesondere mit Herrn Dr. Steinberg, eine größere Zahl von Infektionen des Harns und der Harnorgane mit Urotropin und einigen neueren Formaldehydpräparaten unter gleichzeitiger bakteriologischer Kontrolle des Harns behandelt. Da über die Wirkungsweise und Indikationen der Harnantiseptica noch vielfach Unklarheit besteht,

seien im folgenden einige Erfahrungen, die wir bei unseren therapeutischen Versuchen gewonnen haben, mitgeteilt.

Außer dem Urotropin habe ich besonders häufig das anhydromethylenzitronensaure Hexamethylentetramin[1] und die Methylenhippursäure[2], die von Nicolaier dargestellt und als Harnantisepticum empfohlen wurde, angewandt. Beide Verbindungen haben sich als brauchbar erwiesen. Das „Neu-Urotropin“ hat allerdings nach Versuchen von E. Bruck (l. c.) hinsichtlich der antiseptischen Beeinflussung des Harns keine Vorzüge vor dem Urotropin. Doch ist mir einige Male aufgefallen, daß Patienten, die bei längere Zeit fortgesetztem Urotropingebrauch, wie das nicht ganz selten vorkommt, über Tenesmus klagten, die entsprechenden Dosen von Neu-Urotropin — letzteres enthält 40·7 Prozent Urotropin — besser vertrugen. Gelegentlich ist mir allerdings von anderen Ärzten auch das umgekehrte berichtet worden. Das „Hippol“ schien in manchen Fällen noch günstiger zu wirken als das Urotropin und hatte in Dosen von 6 bis 9 grm pro Tag seltener Tenesmus zur Folge als Urotropin in der Dosis von 3 bis 4 grm. Ich halte das Hippol für ein sehr brauchbares Harnantisepticum, und mehrere andere Ärzte, denen ich das Mittel empfohlen hatte, haben mir diese Erfahrung bestätigt. Über einige neuerdings empfohlene Urotropinverbindungen, wie Hetralin (eine Verbindung von Resorcin mit Urotropin) und Borovertin (eine Verbindung der Borsäure mit Urotropin) habe ich bisher noch keine ausgedehnteren Erfahrungen.

Ein Vergleich der antiseptischen Beeinflussung des Harns durch verschiedene Harnantiseptica ist keineswegs so einfach, wie es zunächst scheinen könnte. Daß ein Urteil aus den klinischen Erfolgen allein hier recht schwierig ist, zeigen die ganz widersprechenden Angaben verschiedener Autoren über den Wert der Harnantiseptica im allgemeinen und der einzelnen Mittel im besonderen. Auch habe ich schon früher hervorgehoben, daß der klinische Wert nicht notwendig der antiseptischen Beeinflussung des Harns parallel zu laufen braucht, da ja die Möglichkeit besteht, daß ein Teil jener Mittel auf anderem Wege, z. B. durch günstige Beeinflussung der Schleimhäute (wie dies von den Balsamicis behauptet wird), oder durch Vermehrung der Resistenz der Körperzellen gegenüber den Infektionserregern wirken könnte.

[1] Diese Verbindung ist unter dem Namen Neu-Urotropin — den ich im folgenden brauchen werde — von der chemischen Fabrik auf Aktien, Berlin (vorm. E. Schering), unter dem Namen Helmitol von den Farbwerken Bayer & Co. in Elberfeld eingeführt worden.

[2] Vgl. Nicolaier, *Therapeut. Monatshefte.* 1905. Nr. 1. Diese Verbindung wird von der chemischen Fabrik auf Aktien, Berlin, als Hippol bezeichnet. Ich gebrauche diesen Namen im folgenden.



Aber auch im bakteriologischen Versuch ist ein exakter Vergleich der Wirkung verschiedener Harnantiseptica schwierig. Wir bemessen den Wert eines in einer Flüssigkeit gelösten Antiseptikum im allgemeinen nach der Konzentration, in welcher es imstande ist, eine bestimmte Bakterienart zu beeinflussen; je geringer jene Konzentration, desto stärker ist die antiseptische Wirkung. Nach Darreichung eines Mittels, das als Harnantisepticum dienen soll, dürfen wir aber nicht einfach die Urinmenge, die innerhalb einer bestimmten Zeit entleert wird, auf ihre antiseptische Wirkung prüfen und daraus vergleichende Schlüsse ziehen. Einer derartigen Berechnung würden ganz grobe Fehlerquellen anhaften.

Zunächst kommen in der Resorption und Ausscheidung der verschiedenen Mittel erhebliche Unterschiede vor. So wurde z. B. in Versuchen von Bruck und Steinberg ein antiseptisch wirksamer Harn nach Darreichung des Hippols für kürzere Zeit ausgeschieden als nach Darreichung des Urotropins. Die „Ausscheidungskurve“ ist aber von erheblicher Bedeutung für die gesamte antiseptische Leistung einer bestimmten Dosis.

Ferner übt sicher die Beschaffenheit des Harns einen weitgehenden Einfluß auf die Wirksamkeit der Harnantiseptica aus. Wir wissen hierüber erst sehr wenig. Näher untersucht ist der Einfluß der Reaktion des Harns auf seine desinfizierende Wirkung nach innerer Darreichung einiger Formaldehydverbindungen. Bei Anwendung des Urotropins findet Abspaltung von Formaldehyd oder antiseptisch wirksamer Formaldehydverbindungen am besten bei saurer Reaktion des Harns statt. Bei schwach alkalischer Reaktion wirkt Urotropinharn etwas schwächer als bei saurer. Durch stark alkalische Reaktion wird seine Wirkung ganz erheblich abgeschwächt.[1] Dies wurde bereits von Bruck gezeigt und geht z. B. recht deutlich aus folgendem von Steinberg angestellten Versuche hervor. (Die Dosen von Alkalien, die zur Erzielung stark alkalischer Reaktion im Harn notwendig sind, sind bekanntlich individuell verschieden.)

[1] In dieser Feststellung liegt kein Widerspruch zu der häufig in der Literatur anzutreffenden Angabe, daß Urotropin „bei alkalischem Harn“ günstig wirke. Hierbei wird unter „alkalisch“ ein ammoniakalisch zersetzter Harn verstanden, der aber in der Niere sauer sezerniert und meist erst in der Blase mit harnstoffzersetzenden Bakterien infiziert wird. Es genügt schon eine mäßige Entwicklungsverzögerung dieser Bakterien, um die ammoniakalische Zersetzung innerhalb der Blase zu verhindern. (Vgl. unten.) Die obigen Angaben dagegen beziehen sich auf einen infolge Zuführung von Alkalien (Natron bicarbonicum) alkalisch sezernierten Harn.



Urotropin.

Versuch mit saurem Harn.

Dr. St. um 9 Uhr 1 grm Urotropin genommen. Um 11 $^1/_2$ Uhr Urin entleert, sauer.

Mikroorganismus	Aussaat	Nach Stunden bei 37°	Keimzahl des Urins
Bacillus typhi	∞	5	1000
		8	150
		22	0
Bacillus coli (von einem Falle schwerer Cystitis)	16 000	5	1900
		8	650
		22	0

Versuch mit alkalischem Harn.

Dr. St. um 9 Uhr 1 grm Urotropin und 6 grm Natr. bicarbon. eingenommen. Um 11 Uhr Urin entleert, stark alkalisch.

Mikroorganismus	Aussaat	Nach Stunden bei 37°	Keimzahl des Urins
Bacillus typhi	7 600	6	2 145
		9	14 000
		26	20 400
Bacillus coli (wie oben)	17 500	6	∞
		9	∞
		26	∞

Wir sehen, daß durch den sauren Urotropinharn der Typhusbazillus trotz sehr großer Aussaat innerhalb 8 Stunden bis auf einen kleinen Bruchteil, innerhalb 22 Stunden vollständig abgetötet wurde. Auch der resistentere Colistamm wurde in derselben Zeit — wenngleich etwas langsamer — abgetötet. Durch den alkalischen Urotropinharn wurde beim Typhusbacillus nur eine vorübergehende Verminderung der Keime erzielt, dann trat langsame Vermehrung ein. Beim Colibacillus wurde hier von vornherein Vermehrung beobachtet.

Gerade umgekehrt liegt die Sache bei der Methylenhippursäure. Aus dem Hippolharn wird, wie bereits Nicolaier[1] hervorhob, durch Alkalien leicht Formaldehyd abgespalten. Damit hängt es zusammen, daß, wenn man den Urin bei Hippoldarreichung durch größere Dosen Alkalien alkalisch macht, die Wirkung eine bessere wird, als bei saurer Reaktion des Harns. Nicolaier hat bereits einen derartigen Versuch von Dohrn mitgeteilt. Noch deutlicher als aus diesem dürften sich die Unterschiede aus dem folgenden Versuche von Steinberg ergeben:

[1] A. a. O.



Hippol.

Versuch mit saurem Harn.

Dr. St. um 9 Uhr 1 grm Hippol eingenommen. Um 11 Uhr Urin entleert, sauer.

Mikroorganismus	Aussaat	Nach Stunden bei 37°	Keimzahl des Urins
Bacillus typhi	6 000	2	715
		6½	3
		30	1
Bacillus coli (wie oben)	29 000	2	12 000
		6½	9 000
		30	9 000

Versuch mit alkalischem Harn.

Dr. St. früh 1 grm Hippol und 6 grm Natr. bicarbon. genommen. Um 11 Uhr Urin entleert, stark alkalisch.

Mikroorganismus	Aussaat	Nach Stunden bei 37°	Keimzahl des Urins
Bacillus typhi	6 000	6	0
		30	0
Bacillus coli (wie oben)	23 400	6	3
		30	0

Bei dem empfindlicheren Typhusbacillus tritt auch bei saurer Reaktion des Harns fast vollständige Abtötung ein. Bei dem resistenteren Colistamm tritt bei saurem Harn nur eine mäßige Verminderung der Keime, bei alkalischem Harn eine vollständige Abtötung ein.

Man sieht aus diesem Beispiel, daß es offenbar unrichtig wäre, die Wirkung des Urotropins und Hippols bei derselben Reaktion des Harns zu vergleichen. Man sieht aber auch, wie wichtig derartige Untersuchungen für die praktische Anwendung der Harnantiseptica sind: viele Ärzte verordnen als hauptsächliches Mittel gegen Infektionen der Blase und Nierenbecken große Mengen alkalischer Wässer. Wird nun außerdem Urotropin angewendet, so wird die Wirkung dieses Mittels durch den gleichzeitigen reichlichen Gebrauch der Alkalien abgeschwächt. Umgekehrt ist es zweckmäßig, bei Anwendung des Hippols gleichzeitig alkalisches Wasser zu verordnen.

Auch abgesehen von der Reaktion kommt der physikalischen und chemischen Beschaffenheit des Harns ein erheblicher Einfluß auf die Wirkung der Harnantiseptica zu. Dies bedarf im einzelnen noch genauerer Untersuchung. Nur auf einen Punkt sei kurz hingewiesen: Verdünnung des Harns durch reichliche Wasserzufuhr führt naturgemäß auch zu einer

Verdünnung des Antiseptikum im Harn.[1] Vergleichende Versuche über Harnantiseptica sollten deshalb bei möglichst gleichbleibender Ernährung und Wasserzufuhr angestellt werden.

Ist demnach die Vergleichung verschiedener Harnantiseptica eine komplizierte Aufgabe, so läßt sich andererseits nicht verkennen, daß auch die Wirkung ein- und desselben Harnantiseptikum in verschiedenen pathologischen Fällen eine recht inkonstante ist: in manchen Fällen ein prompter Erfolg, in anderen, scheinbar ähnlich liegenden trotz längere Zeit fortgesetzter Anwendung des gleichen Mittels keine erkennbare Wirkung.

Diese Inkonstanz der Wirkung ist schon vielen ärztlichen Beobachtern aufgefallen, ohne daß bisher meines Wissens ein Versuch gemacht wäre, die Mißerfolge näher aufzuklären. Für letzteren Zweck ist es wichtig, festzustellen: läßt sich bei bakteriologischer Untersuchung des Urins eine mangelhafte Wirkung des Harnantiseptikums auf die Infektionserreger nachweisen oder bleibt trotz deutlicher Wirkung im bakteriologischen Versuch ein klinischer Erfolg aus?

In ersterer Beziehung hatte bereits Reche[2] Fälle von chronischer eitriger Cystitis beobachtet, in denen der Harn trotz einer Tagesdosis von 4 ^{grm} Urotropin auf die in ihm enthaltenen Bakterien höchstens eine geringe entwicklungsverzögernde Wirkung ausübte. Das Gleiche haben wir inzwischen in mehreren Fällen nach einmaligen oder wiederholten Dosen verschiedener Formaldehydverbindungen beobachtet.

---

[1] Dieses Moment ist auch von praktischer Bedeutung. Mit Recht gilt bekanntlich eine reichliche „Durchspülung" der Harnorgane als eine wichtige therapeutische Maßregel bei ihren infektiösen Erkrankungen. Oft genug besteht sogar die Behandlung ausschließlich in reichlicher Zuführung von Mineralwässern, Tees u. dgl. Die Durchspülung ist sicher ein gutes Mittel, um Mikroorganismen, Eiter, Schleim auszuschwemmen; sie wirkt außerdem durch die Verdünnung der im Harn enthaltenen Infektionserreger und ihrer Stoffwechselprodukte, vielleicht auch noch auf andere, uns noch nicht bekannte Weise günstig auf die entzündeten Schleimhäute. Bei der Anwendung von Harnantisepticis muß man sich aber darüber klar sein, daß gleichzeitige reichliche Durchspülung die Wirkung der Harnantiseptica beeinträchtigt, wenn nicht gleichzeitig die Dosis der letzteren entsprechend vergrößert wird. Oft ist aber eine so erhebliche Erhöhung der Dosis der uns bisher zur Verfügung stehenden Arzneimittel, wie sie bei reichlicher Durchspülung nötig wäre, nicht ohne Beschwerden für den Kranken durchführbar. Es empfiehlt sich deshalb mehr, beide Behandlungsarten zeitlich zu trennen, also z. B. tagsüber reichliche Mengen Flüssigkeit trinken zu lassen und außerdem früh und abends größere Dosen eines wirksamen Harnantisepticum ohne Steigerung der Wasserzufuhr zu geben.

[2] A. a. O.



So hatte z. B. in einer Beobachtung von Bruck eine Patientin mit frischer Cystitis und Pyelitis — Druckempfindlicheit der linken Nierengegend, im Urin reichlich Colibazillen, sehr viel Eiter, im filtrierten Urin geringe Mengen Albumen — seit 2 Tagen $6 \times 0 \cdot 5^{grm}$ Urotropin erhalten. Am Versuchstage werden früh 10 Uhr auf einmal 2^{grm} Urotropin gegeben. Um 12 Uhr wird durch den Katheter Urin entleert; dieser ist trübe, sauer, gibt starke Bromwasserreaktion (Urotropinnachweis), schwache Jorissensche Reaktion (Formaldehydnachweis). Die quantitative Untersuchung des Keimgehalts des Harns in der früher geschilderten Weise ergibt eine fortschreitende Zunahme nach 2, 8 und 24 Stunden.

Wurde dieselbe Urotropindosis von einem Gesunden eingenommen und dann die Wirkung des 2 Stunden nachher entleerten Harns auf eine Reinkultur der von jenem Cystitisfalle gezüchteten Colibazillen geprüft, so ergab sich eine beträchtliche desinfizierende Wirkung des Harns gegenüber diesen Bazillen.

Offenbar kommen hier verschiedene Umstände in Betracht, mit deren experimenteller Prüfung wir zurzeit noch beschäftigt sind. Von vornherein ist klar, daß es einen großen Unterschied ausmacht, ob man aus einer Kultur Bakterien in ein fremdes Medium (mit anderem Salzgehalt usw.) überträgt und hier der Wirkung eines Antiseptikum aussetzt, oder ob man dieselbe Art von Mikroorganismen, nachdem sie sich innerhalb des Körpers seit zahllosen Generationen der Beschaffenheit des Harns angepaßt hat, in diesem Harn auf ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber dem gleichen Desinfiziens prüft. Der eben erwähnte Versuch zeigt, daß der Colistamm, um den es sich handelt, außerhalb des Körpers gezüchtet, gegenüber der Wirkung normalen Urotropinharns nicht besonders widerstandsfähig war, während er in dem von ihm infizierten Urin durch mittlere Urotropindosen nicht merklich in der Entwicklung gehemmt wurde. Mit Untersuchungen darüber, inwieweit es sich hier um Veränderungen der Mikroorganismen selbst handelt, inwieweit die pathologische Beschaffenheit des Harns (Beimengung von Serum, Eiter) die Wirkung der Formaldehydverbindungen beeinträchtigt, sind wir zurzeit beschäftigt. Sicher ist letzteres bei starker Albuminurie der Fall, die indes nur bei Komplikation mit Nephritis eine Rolle spielt.

Noch eine andere Möglichkeit besteht in Fällen, in denen längere Zeit hindurch ein Harnantisepticum ohne klinischen Erfolg gegeben wurde. Unter den verschiedenen Individuen derselben Bakterienart bestehen erhebliche Unterschiede in der Resistenz gegenüber der Wirkung von Antisepticis. Bei der gewöhnlichen Anordnung der Desinfektionsversuche bekommt man darüber keinen Aufschluß, weil hier nur geprüft wird, ob Wachstum eintritt oder nicht. Stellt man aber solche Versuche quanti-



tativ an, wie wir dies bei unseren Untersuchungen regelmäßig gemacht haben, so sieht man, daß einzelne Bakterien offenbar viel widerstandsfähiger, z. B. gegenüber dem Urotropinharn, sind als die Mehrzahl ihrer Art. Da nun — zumal bei der meist üblichen Art der Darreichung von Harnantisepticis — keine ganz gleichmäßige antiseptische Wirkung des Urins erzielt wird, so könnten sich zeitweise diese widerstandsfähigeren Individuen vermehren. So könnte allmählich eine Anpassung der Infektionserreger an das längere Zeit benutzte Harnantisepticum eintreten. Auch diese Frage muß noch weiter experimentell untersucht werden.

Häufiger ist der oben erwähnte zweite Fall, daß zwar die bakteriologische Untersuchung des Harns eine Entwicklungshemmung oder selbst teilweise Abtötung der in ihm enthaltenen Bakterien zeigt, daß aber ein klinischer Erfolg, — der sich in einer Klärung des Harns, einer Abnahme des Eitergehalts, einer Besserung der subjektiven Beschwerden äußern müßte, — gering ist oder selbst vollständig ausbleibt. Man sieht dies besonders bei irgendwie tiefergreifenden Entzündungsprozessen der Harnblase, der Nierenbecken usw. In solchen Fällen ist der geringe klinische Erfolg leicht verständlich. Erinnern wir uns, daß der Urin selbst nach Darreichung der wirksamsten bisher bekannten Formaldehydverbindungen gewöhnlich einige Stunden braucht, um ihm zugesetzte sporenfreie Mikroorganismen abzutöten, während bekanntlich die in der Chirurgie gebräuchlichen antiseptischen Lösungen dieselbe Wirkung in einigen Sekunden ausüben; erinnern wir uns weiter, wie schwierig die Desinfektion äußerer Wunden selbst durch stark wirksame antiseptische Lösungen ist, so werden wir eine tiefergreifende Wirkung des Harns bei Anwendung der uns bisher zur Verfügung stehenden Harnantiseptica nicht erwarten dürfen. Deshalb vermögen diese Mittel bei Tuberkulose der Harnorgane sowie bei anderweitigen in das Gewebe der Schleimhäute eindringenden infektiösen Prozessen eine Heilung nicht zu erzielen. Trotzdem können sie auch hier von Nutzen sein, indem sie die Wucherung der Bakterien im Harn beschränken und Reizwirkungen des Urins auf die erkrankte Schleimhaut lindern (z. B. durch Verhinderung ammoniakalischer Harngärung innerhalb der Blase, vgl. unten).

Ein weiteres Moment, das die Wirkung der Harnantiseptica erschwert, ist die Stauung, wie sie bei mangelhafter Entleerung der Blase (z. B. Blasenlähmung, Prostata-Hypertrophie, Harnröhrenstriktur), bei Hindernissen im Ureter oder Nierenbecken eintritt. In dem stagnierenden Harn können sich — besonders wenn zeitweise seine antiseptische Kraft nachläßt — die Mikroorganismen wieder vermehren und dadurch immer wieder den Erfolg der Therapie illusorisch machen.



Die Indikationen zur Anwendung der Harnantiseptica sind prophylaktische und therapeutische.

In allen Fällen, in denen eine behinderte Entleerung des Harns das Auftreten einer Harninfektion begünstigt, vor allem aber vor und nach jeder Einführung von Instrumenten in die Blase (Katheter, Cystoskop usw.), ebenso vor und nach chirurgischen, bzw. gynäkologischen oder geburtshilflichen Eingriffen, bei denen eine Verletzung oder Quetschung der Blase vorkommen kann, empfiehlt es sich, größere Dosen eines wirksamen Harnantiseptikum (z. B. 3—4mal 1 ^{grm} oder 6—8mal 0·5 Urotropin), möglichst gleichmäßig über den Tag verteilt[1], zu geben. Von dieser prophylaktischen Maßregel wird bisher, soweit meine Erfahrung reicht, noch lange nicht genügend Gebrauch gemacht.

In therapeutischer Hinsicht wirken die Harnantiseptica im wesentlichen auf die Urin-Infektion. Je mehr sich die Infektion auf den Urin selbst beschränkt, je weniger die Schleimhäute ergriffen sind, desto besser ist das therapeutische Resultat. Hierbei ist auch die Widerstandsfähigkeit der Infektionserreger von großer Bedeutung. Unter den von uns durch Zusatz zu normalem Harn geprüften Mikroorganismen erwies sich der Typhusbacillus am wenigsten widerstandsfähig gegenüber dem Urotropin und Hippol. Etwas resistenter waren Proteusbazillen, noch widerstandsfähiger Staphylokokken und Colibazillen. Die Angabe Faltin's[2], daß das Urotropin hauptsächlich auf Kokken, das Salol dagegen besonders auf Bazillen wirke, vermag ich nicht zu bestätigen. Unter der Gruppe der Colibazillen und ebenso bei den Staphylokokken kommen recht verschiedene Grade von Resistenz gegenüber den Harnantisepticis vor.

Mit den bakteriologischen Versuchen am normalen Harn stimmt es gut überein, daß, wie viele Autoren angeben, die Bakteriurie der Typhuskranken besonders gut auf Urotropin und ähnliche Mittel reagiert. Hierbei ist freilich in Betracht zu ziehen, daß diese Bakteriurie auch nicht selten spontan bald wieder verschwindet. Bei anderen Harninfektionen ist die Wirkung meist weniger prompt. Doch gelingt es — namentlich durch größere Dosen — meist eine entschiedene Verminderung der Keime, zuweilen eine sehr erhebliche Abnahme zu erzielen. Mehrfach sah ich Fälle,

[1] Eine möglichst gleichmäßige Verteilung wirksamer Dosen ist auch sonst für die erfolgreiche Anwendung der Harnantiseptica sehr wichtig. Namentlich empfiehlt es sich, noch spät abends eine größere Dosis zu geben, damit auch der Nachturin antiseptisch beeinflußt wird. Geschieht dies nicht, so kann ein wesentlicher Teil des während des Tages erreichten Erfolges in der Nacht wieder zunichte gemacht werden.

[2] Nach einem Referat in Schmidts *Jahrbücher*. Bd. CCLXXIV. 1902.



in denen viele Wochen lang das Urotropin in der gewöhnlich empfohlenen Dosis von $3 \times {}^1/_2{}^{grm}$ ohne Erfolg gegeben war. Wurde die Dosis auf das Doppelte bis Dreifache erhöht, so nahm die Zahl der Bakterien rasch ab.

Freilich werden größere Dosen des Urotropins und auch der anderen Formaldehydverbindungen von manchen Patienten nicht gut vertragen; sie verursachen zuweilen Tenesmus[1], weshalb man auch bei akuten Prozessen, die mit stärkeren subjektiven Beschwerden einhergehen, häufig zunächst besser von einer Behandlung mit diesen Mitteln absieht. Doch habe ich bei solchen akuten Harninfektionen, die ohne erhebliche Reizerscheinungen verlaufen, wiederholt große Dosen von Urotropin oder Hippol, wie mir schien, mit gutem Erfolge angewandt. Besonders bei Frauen kommen zuweilen mit mäßigem oder hohem Fieber verlaufende Infektionen des Harns vor, ohne daß Tenesmus oder sonstige subjektive Beschwerden, die auf den Harnapparat deuten, vorhanden sind. Nur in einem Teil der Fälle fand ich eine leichte Druckempfindlichkeit der Blase, zuweilen auch einer oder beiden Nierengegenden. In einigen derartigen Fällen, in denen der Harn (durch Katheter entleert) massenhaft Bakterien, aber nur wenig Leukozythen und Epithelien enthielt, war die Darreichung großer Dosen von Urotropin so rasch von einem Fieberabfall gefolgt, daß ein ursächlicher Zusammenhang mindestens wahrscheinlich war. Es ist indes in solchen Fällen schwierig, ein Urteil über den Erfolg der Therapie abzugeben, weil auch spontan ein plötzlicher Abfall des Fiebers beobachtet wird.

Sicherer zu beurteilen ist die Wirkung der Harnantiseptica bei der ammoniakalischen Gärung des Urins, wie sie bei Infektion des Harns mit harnstoffzersetzenden Mikroorganismen — bei gleichzeitiger Harnstauung — innerhalb der Blase vorkommt. Hier genügt schon eine mäßige Entwicklungsverzögerung der Infektionserreger, um einen Erfolg zu erzielen. Auch wenn der eigentliche Krankheitsprozeß, z. B. eine tiefergreifende Cystitis, durch die Harnantiseptica nicht beeinflußt wird, ist die Beseitigung der ammoniakalischen Gärung, wie bereits vorhin erwähnt, oft von günstiger Wirkung.

Nur als ein besonderer Fall dieser Wirkung ist der in der Literatur öfters erwähnte Erfolg des Urotropins bei „Phosphaturie“ anzusehen. Hierbei findet man häufig die Angabe, daß Urotropin nur bei manchen Fällen von Phosphaturie helfe, in anderen dagegen ganz versage; für dieses inkonstante Verhalten sei vorläufig eine Erklärung nicht zu geben,

[1] Andere unangenehme Nebenwirkungen von größeren Dosen der von mir besonders angewandten Formaldehydverbindungen habe ich bisher nicht beobachtet; höchstens wurde ab und zu über verminderten Appetit geklagt.



zumal die chemische Konstitution des Urotropins keinen Aufschluß über seine Wirkung bei Phosphaturie geben könne.

Soweit meine eigene Erfahrung reicht, wirkt das Urotropin nur dann, wenn die „Phosphaturie“, d. h. die Entleerung eines durch Ausscheidung von Erdphosphaten getrübten Harns durch ammoniakalische Gärung bedingt ist. In den von mir beobachteten Fällen dieser Art handelte es sich meist um frühere Gonorrhoe, bei der sekundär eine Staphylokokkeninfektion des Harns eingetreten war. Herr Dr. Steinberg wird demnächst Fälle dieser Art, die von ihm bakteriologisch untersucht wurden, mitteilen. Die ammoniakalische Harngärung braucht in solchen Fällen keine sehr erhebliche zu sein, namentlich wenn der von den Nieren sezernierte Harn nur schwach sauer oder neutral reagiert. Das kommt bekanntlich u. a. bei Neurasthenikern nicht selten vor; diese leiden häufig an Hyperazidität und Obstipation; sie nehmen infolgedessen oft größere Mengen von Alkalien, bzw. alkalischen Wässern, oft auch in der Nahrung erhebliche Mengen von pflanzensauren Salzen. So kann es bei ihnen schon allein infolge der Zusammensetzung ihrer Nahrung zu „alimentärer Phosphaturie“ kommen; bei dieser nützt Urotropin nichts. Ist aber der Urin derartiger Patienten schwach sauer oder neutral, so gehört dann nur eine mäßige Ammoniakbildung durch harnstoffzersetzende Mikroorganismen dazu, um ein Ausfallen der Erdphosphate zu veranlassen. Stärkere Harninfektion kann natürlich, auch ohne daß die Nahrung eine besonders schwache Azidität des Harns bedingt, zur „Phosphaturie“ führen. Mittlere Dosen von Urotropin oder anderen wirksamen Harnantisepticis beseitigen nach meinen Erfahrungen in derartigen Fällen die „Phosphaturie“ rasch, müssen aber gewöhnlich fortdauernd gegeben werden, weil meist nur eine Entwicklungsverzögerung, nicht aber eine vollständige Abtötung der harnstoffzersetzenden Mikroorganismen erreicht wird.

Je mehr die Infektion die Schleimhäute des Harnapparates ergriffen hat, umsoweniger sicher ist die Wirkung der Harnantiseptica. Die verschiedenen Momente, die hierbei in Betracht kommen, sind bereits früher auseinandergesetzt. Namentlich bei länger bestehenden, tiefergreifenden Entzündungen der Harnwege ist oft selbst eine monatelang festgesetzte Therapie durch innere Mittel ohne Erfolg, während eine lokale antiseptische Behandlung günstige Resultate liefert. Mitunter gelingt es aber auch hier, durch konsequente Anwendung wirksamer Harnantiseptica in größeren Dosen entschiedene Besserungen zu erzielen. Als Beispiel sei die Krankengeschichte eines von mir längere Zeit behandelten Falles von Pyonephrose mitgeteilt:

Im Januar 1905 wurde der damals 14 jährige Knabe Sch. aus K. von seinem Arzte der medizinischen Poliklinik zugeschickt; er hatte sich seit



einigen Wochen matt gefühlt und zeitweilig, besonders bei der Arbeit — er ist Sohn eines Landwirts und mußte beim Dreschen und dergl. helfen — Schmerzen in der linken Seite des Unterleibes gespürt. Seinen Angehörigen war aufgefallen, daß er blaß und mager wurde, während angeblich der Appetit nicht schlecht gewesen sein soll. Zwischen Weihnachten und Neujahr mußte er einen Tag im Bett liegen, weil die Schmerzen stärker wurden und er sich schwach fühlte. Anfang Januar ging er zu einem Arzte in der benachbarten Stadt, der eine erhebliche Vergrößerung der linken Niere fand. Blasenbeschwerden waren weder während der jetzigen Erkrankung noch früher aufgetreten. Irgend eine Erkrankung (Halsentzündung oder sonstige Infektion), welche dem jetzigen Leiden vorangegangen wäre, vermag Patient nicht anzugeben.

Patient sah blaß und abgemagert aus. Wiederholte Messungen der Temperatur ergaben niemals Fieber, auch der Puls zeigte normale Frequenz. An den Brustorganen war bis auf eine Unreinheit des ersten Tones an der Herzspitze nichts abnormes zu finden. In der linken Seite des Unterleibes fühlte man einen großen, mit der Atmung wenig, sonst garnicht verschieblichen Tumor, welcher in seiner Form und Lage der stark — etwa auf das doppelte — vergrößerten Niere entsprach. Der Perkussionsschall über dem Tumor war gedämpft tympanitisch, und bei Aufblähung des Darmes ließ sich leicht konstatieren, daß der Tumor hinter dem Colon lag. Die Oberfläche war glatt, der Tumor nirgends druckempfindlich, Fluktuation war nicht nachweisbar.

Der Harn war schwach alkalisch, sehr trübe und enthielt anfangs kleine weiße Flocken, die, wie die mikroskopische Untersuchung zeigte, aus Eiterklümpchen und massenhaften Mikroorganismen bestanden. Letztere sind fast ausschließlich Streptokokken, außerdem sieht man vereinzelte Stäbchen. Die Kultur der Streptokokken gelang nicht ohne weiteres auf Agar oder Bouillon, wohl aber auf diesen Nährböden nach Zusatz von Blutserum. Der Urin enthielt anfangs auch kleine Mengen von Eiweiß, aber nie Zylinder oder Nierenepithelien. Der Eiweißgehalt war nicht größer, als dem reichlichen Eitergehalt entsprach.

Eine cystoskopische Untersuchung (Hr. Dr. Löwenhardt) ergab keinerlei Veränderung der Harnblase. Mit Rücksicht hierauf wurde von einer lokalen Therapie abgesehen und eine energische Behandlung durch Harnantiseptica eingeleitet. Zunächst wurde Hippol in allmählich steigenden Dosen bis 6 mal täglich $1\frac{1}{2}$ grm (= 9 grm pro die) gegeben; später auch Urotropin und Hetralin. Der Urin wurde allmählich klarer, nahm neutrale Reaktion an, der Eitergehalt wurde ganz erheblich geringer, Eiweiß war mit den üblichen Reaktionen nicht mehr nachweisbar. Gleichzeitig nahm die Anschwellung der linken Niere ab, und das Allgemeinbefinden besserte sich; Patient nahm jede Woche um 1 bis 2 kg zu. Als versuchsweise für etwa 10 Tage die oben angeführten Harnantiseptica fortgelassen wurden und Patient statt dieser Kalium chloricum erhielt, das früher vielfach bei Infektionen der Harnorgane angewandt wurde und auch jetzt noch von manchen Ärzten sehr empfohlen wird, wurde der Urin wieder trüber und alkalisch, und das Körpergewicht ging ein wenig zurück. Nach erneuter Darreichung



des Hippols in den oben erwähnten Dosen trat bald wieder die früher erreichte Besserung ein.

Eine Aufklärung über die Ätiologie der Nierenvergrößerung ergab die von den Herren Dr. Ossig und Blumensath aufgenommene Röntgen-Photographie: Sie zeigte zwei Querfinger breit nach links von der Wirbelsäule in der Höhe der 11. Rippe, teilweise diese deckend, einen umschriebenen Schatten von ovaler Gestalt. Die Durchmesser des Ovals betrugen 25 und 37 ^{mm}; seine Längsachse entsprach ungefähr dem Verlaufe der 11. Rippe.

Als klinische Bestätigung dieses Befundes, der auf einen Stein im Nierenbecken hindeutete, wurde wenige Wochen später bei dem Patienten eine stärkere Hämaturie konstatiert, die sich später in geringerem Maße ab und zu wiederholte. In den nächsten zwei Jahren wurden noch mehrfach von den genannten Herren Röntgen-Aufnahmen vorgenommen, die stets zu dem gleichen Resultat führten. Patient nahm auch zu Haus noch viele Monate hindurch größere Mengen der oben erwähnten Harnantiseptica. Setzte er damit eine zeitlang aus, so wurde bei der nächsten Untersuchung eine etwas trübere Beschaffenheit des Harns beobachtet. Sein Allgemeinbefinden blieb dauernd gut (letzte Untersuchung im Frühjahr 1907.)

Es handelte sich hier um eine eitrige Infektion des linken Nierenbeckens[1]; die Anschwellung der linken Niere, die beim Eintritt der Besserung erheblich zurückging, übrigens auch später deutliche Schwankungen der Größe zeigte, ist wohl zweifellos als Pyonephrose zu deuten, deren Entstehung auf das röntgographisch nachgewiesene Konkrement im linken Nierenbecken zurückzuführen ist. Die Invasionsstätte der Eitererreger blieb unklar. Für eine von der Blase aus aufsteigende Infektion konnten keinerlei Anhaltspunkte gewonnen werden. Tuberkulose ist durchaus unwahrscheinlich, da Tuberkelbazillen trotz mehrfacher Untersuchungen niemals im Harnsediment nachgewiesen werden konnten. Auch das negative Ergebnis der cystoskopischen Untersuchung und die günstige Einwirkung der Harnantiseptica sprechen dagegen, daß es sich in diesem Falle um eine Sekundärinfektion bei Tuberkulose handeln könnte. Übrigens kommen solche kryptogenetische Infektionen des Harnapparates nicht selten vor. Ob das Konkrement das Zustandekommen der Infektion begünstigte, oder ob umgekehrt die ammoniakalische Harngährung zur Entstehung eines Phosphatsteins geführt hat, ist nicht zu entscheiden.

Der Nutzen, den die reichliche Anwendung der Harnantiseptica in diesem Falle brachte, ist nicht zu verkennen. Daß die unter der Anwendung dieser Mittel eingetretene Besserung nicht auf spontane Schwankungen des Krankheitsverlaufes, sondern auf die Therapie zurück-

[1] Ob auch das rechte Nierenbecken infiziert ist, muß durch Ureteren-Katheterismus (vor der in Aussicht genommenen Operation) festgestellt werden.



zuführen ist, zeigt am deutlichsten die oben erwähnte Verschlechterung, als zeitweise statt der wirksamen Harnantiseptica Kalium chloricum gegeben wurde. Eine definitive Ausheilung des infektiösen Prozesses wird nur durch operative Entfernung des Steines aus dem linken Nierenbecken zu erreichen sein.

Die vorstehenden Ausführungen zeigen, daß die Untersuchung der antiseptischen Leistung des Harns nach innerer Darreichung von Desinfizientien mancherlei Aufschlüsse über die Ursachen der Erfolge und Mißerfolge dieser Therapie gibt. Die hierbei erforderlichen bakteriologischen Untersuchungen sind sehr einfach und dort, wo ein noch so bescheidenes bakteriologisches Laboratorium zur Verfügung steht, leicht durchzuführen. Sie sind für die praktische Durchführung dieser Behandlungsweise von Nutzen, indem sie uns Anhaltspunkte geben für die Größe der Dosen, die man im Einzelfalle anwenden muß, sowie darüber, ob überhaupt mit denjenigen Dosen des von uns angewandten Harnantiseptikum, die noch ohne Beschwerden ertragen werden, ein Erfolg zu erzielen ist. Es ist nicht richtig, von einer bestimmten Dosis, von „der Dosis“ eines Harnantiseptikum zu sprechen. Je nach der Resistenz der Infektionserreger und den sonstigen Verhältnissen des einzelnen Falles sind verschiedene Dosen notwendig, um dem Harn antiseptische Wirkung gegenüber den in ihm befindlichen Mikroorganismen zu verleihen.

Eine bakteriologische Kontrolle der Resultate dieser Behandlungsmethode ist deshalb für die Praxis wertvoll und wird unsere nach mancher Richtung noch recht unvollständigen Kenntnisse über die Wirkungsbedingungen der verschiedenen Harnantiseptica erweitern.



Betrachtungen über das Soldatenbrot.

Von

Oberstabsarzt Prof. Dr. **H. Bischoff**
in Berlin.

Zu den wichtigsten Aufgaben der Militärgesundheitspflege gehört die Beschaffung einer geeigneten, den Kraftwechsel völlig deckenden und allen hygienischen Anforderungen entsprechenden Kost. Die zuständigen Dienststellen sind daher auch dauernd bestrebt, die Erfahrungen der Wissenschaft in die Praxis umzusetzen und der Armee zu gute kommen zu lassen. Diese Fürsorge ist um so wichtiger, als in unserer Armee der Soldat sich nicht selbst beköstigt, sondern die Nahrung für die Truppenteile beschafft und dem einzelnen zugewiesen wird. Es ist daher unserem Empfinden nach auch nur natürlich, daß besondere Vorsorge getroffen wird, die Truppe vor Schädigungen durch Nahrungsmittel zu bewahren. So wird das Fleisch trotz Fleischschau auf dem Schlachthofe von einer Kommission abgenommen, zu der in größeren Garnisonen neben Offizieren und Beamten auch Sanitätsoffiziere und Veterinäre gehören. Sachgemäße Anordnungen treffen ferner Fürsorge, daß auch bei der Aufbewahrung und Zubereitung in geeigneter Weise verfahren wird. Ähnlich sind andere Nahrungsmittel, Gemüse und Kartoffeln, beim Ankauf einer gründlichen Kontrolle zu unterziehen. Auch hier sind für die Zubereitung besondere Vorschläge gemacht.

Bei diesem Streben, die Ernährung möglichst sachgemäß und einwandfrei zu gestalten, ist es verständlich, daß dem Hauptnahrungsmittel, dem Brote, eine ganz besondere Fürsorge zugewandt wird. Bei der Auswahl des Getreides, dem Reinigen und Vermahlen des Kornes, sowie bei der Herstellung und Lagerung des Brotes wird auf das sorgsamste verfahren. Es wird daher auch ein Brot erbacken, das sehr schmackhaft und völlig

völlig gleichmäßig ist. Ob letzteres allerdings als besonders erstrebenswert zu bezeichnen ist, darüber läßt sich streiten. In den einzelnen Gegenden Deutschlands wird von der Zivilbevölkerung sehr verschiedenes Brot gegessen. Die einen essen Weizen-, die anderen Roggenbrot, hier wird es mittels Sauerteig, dort mittels Hefe erbacken, im Westen, vornehmlich in den großen Städten wird die Kleie ziemlich vollständig beim Vermahlen entfernt, während in anderen Gegenden nur wenig Kleie entzogen, in wieder anderen sogar das ganze Korn verbacken wird. Bei der Truppe hingegen bestehen für den Osten wie für den Westen, für den Norden wie für den Süden die gleichen Bestimmungen für das Erbacken von Soldatenbrot. Überall wird es aus Roggenmehl, das mit 15 Prozent Kleieauszug und 3 Prozent Mahlverlust gewonnen wird, unter Verwendung von Sauerteig hergestellt.

Da bei uns die Einstellung nicht, wie dies in Frankreich üblich ist, so erfolgt, daß die Rekruten stets den Regimentern ihrer Heimatsprovinz zugeteilt werden, sondern die Bevölkerung mehr durcheinander gemischt wird, so ist es nicht möglich, allen Soldaten ein Brot zu geben, wie sie es von Hause gewöhnt sind, es muß vielmehr von den Gebräuchen in der bürgerlichen Bevölkerung völlig abgesehen und ein Brot gewählt werden, das den Anforderungen der Ernährungshygiene gerecht wird und an das sich alle Leute unschwer gewöhnen. Wir werden also verlangen müssen, daß das Brot gut bekömmlich ist, und daß seine Nährstoffe möglichst vollkommen ausgenutzt werden. In beider Hinsicht läßt das Soldatenbrot aber noch zu wünschen.

Infolge des hohen Kleiegehaltes finden Gärungen im Darmkanal statt, die eine gewisse Reizwirkung ausüben und Veranlassung zu Darmkatarrhen werden können. Es ist sogar darauf hingewiesen[1] worden, daß diese Reizungen die Veranlassung zu Appendizitiden werden können. Da in der bürgerlichen städtischen Bevölkerung immer mehr dem kleiearmen und dem Weizenbrot der Vorzug gewährt wird, so wird das Soldatenbrot sich mit der Zeit immer mehr von dem der Mehrzahl vor dem Diensteintritt gewöhnten Brote entfernen, so daß derartige Darmreizungen sich in Zukunft noch mehr werden geltend machen müssen.

Neben der Bekömmlichkeit ist auch die Ausnutzbarkeit keine völlig befriedigende, im Gegensatz zu dem feineren Brote sogar als eine ungünstige zu bezeichnen. Während nach Rubner bei Weizenbrot aus grobgemahlenem Korn vom Eiweiß 69·5 Prozent und von den Kohlenhydraten 92·6 Prozent ausgenutzt werden, gehen nach Plagge und Lebbin von dem üblichen Soldatenbrot aus Roggenmehl mit 15 Prozent Kleieauszug und 3 Prozent

[1] *Deutsche militär-ärztl. Zeitschrift.* 1907. S. 719.

Mahlverlust 13·2 Prozent der Trockensubstanz, 43·35 Prozent der Stickstoffsubstanz und 8·32 Prozent der Kohlenhydrate in Verlust. Allerdings steht damit das Soldatenbrot günstiger als die aus ganzem Korn erbackenen Brote; immerhin ist der Verlust ein sehr beträchtlicher. Daß dieser Verlust so hoch ist, ist aber auch nicht zu verwundern, denn die in den Kleien enthaltene Stickstoffsubstanz entspricht nicht dem Klebereiweiß; sie wird aber bei der üblichen Berechnung des Eiweißgehaltes aus dem Stickstoffgehalt als Eiweiß mit in Ansatz gebracht, ohne denselben Wert zu haben. Doch nicht genug, daß diese Stickstoffsubstanz selbst schlecht ausgenutzt wird, sie beeinträchtigt auch die Ausnutzung der anderen Nährstoffe. Werden diese wenig wertvollen Stickstoffkörper durch Erhöhung des Kleieauszuges auf 25 Prozent entfernt, so gehen von der Trockensubstanz nur noch 9·49 Prozent, vom Eiweiß 35·75 Prozent und von den Kohlenhydraten 5·61 Prozent in Verlust. Wir erhalten somit dann ein Brot, das etwa ebenso gut ausgenutzt wird wie das feinere im bürgerlichen Leben meist genossene Brot.

Hierauf haben bereits Plagge und Lebbin[1] aufmerksam gemacht. Sie haben in mühevoller experimenteller Arbeit durch zahlreiche Ausnutzungsversuche gezeigt, daß die unbefriedigende Ausnutzbarkeit des Soldatenbrotes allein auf den hohen Kleiegehalt zurückzuführen ist. Ein feineres Vermahlen des Kornes, wie es auf den Kunstmühlen der Hochmüllerei üblich ist im Gegensatz zu den einfacheren Mühlen der Proviantämter, erhöht die Ausnutzbarkeit des Brotes nicht merklich, nur ein stärkerer Kleieauszug schafft hier Wandel.

So ist das nämliche Moment, nämlich der verhältnismäßig hohe Kleiegehalt des Brotes die Ursache für die weniger gute Bekömmlichkeit und nicht vollbefriedigende Ausnutzbarkeit des Soldatenbrotes, ein erhöhter Kleieauszug würde mit einem Schlage das Soldatenbrot wesentlich verbessern. Allein bei dem immensen Bedarfe an Soldatenbrot ist, wenn auch erhöhte Kosten wirkliche Verbesserungen nie ausschließen dürfen, naturgemäß die Preisfrage zu berücksichtigen, und es muß daher zunächst festgestellt werden, ob die Ernährung mit Brot, das mit 25 Prozent Kleieauszug erbacken ist, wesentlich teurer zu stehen kommt, als mit Brot, zu dem Mehl mit 15 Prozent Kleieauszug verwandt wird. Unter Zugrundelegung der an der Berliner Produktenbörse notierten Preise für Roggen und Roggenkleie soll nachstehend berechnet werden, ob es ökonomischer ist zur Gewinnung von Soldatenbrot Mehl mit 15 Prozent oder mit 25 Prozent Kleieauszug und 3 Prozent Mahlverlust zu verwenden.

[1] *Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Militär-Sanitätswesens.*

Die amtlichen Notierungen waren:

	für 1000 kg Roggen	für 1000 kg Roggenkleie
am 15. X. 1899:	116·50 Mark	89·25 Mark
„ 2. IV. 1907:	170·00 „	122·00 „
„ 20. VI. 1907:	202·00 „	137·50 „
mithin im Durchschnitt	162·80 Mark	116·25 Mark.

1000 kg Roggen geben bei 15 Prozent Kleieauszug und 3 Prozent Mahlverlust 820 kg Mehl, 150 kg Kleie; bei 25 Prozent Kleieauszug und 3 Prozent Mahlverlust 720 kg Mehl, 250 kg Kleie.

Bei einem Preise von 116·25 Mark für 1000 kg Kleie kosten 150 kg Kleie 17·44 Mark, 250 kg Kleie 29·06 Mark.

Es kosten mithin 820 kg Mehl zu 15 Prozent Kleieauszug 145·36 Mark, 1000 kg dieses Mehles 177·27 Mark; 720 kg Mehl zu 25 Prozent Kleieauszug 133·74 Mark, 1000 kg dieses Mehles 185·75 Mark.

Es enthielten nach Plagge und Lebbin Mehl mit 15 Prozent Kleieauszug und 3 Prozent Mahlverlust 7·95 Prozent Protein, 1·47 Prozent Fett, 76·90 Prozent Kohlenhydrate; Mehl mit 25 Prozent Kleieauszug und 3 Prozent Mahlverlust 7·89 Prozent Protein, 1·34 Prozent Fett, 80·98 Prozent Kohlenhydrate.

Das aus dem Ätherextrakt berechnete Fett ist in Wahrheit nicht alles Fett, es sind darin zum Teil Milchsäure und andere ätherische Säuren einbegriffen, so daß der Brennwert nicht dem des Fettes entspricht, sondern richtiger dem der Kohlenhydrate gleichgesetzt wird, so daß anzunehmen wäre für Mehl mit 15 Prozent Kleieauszug und 3 Prozent Mahlverlust 7·95 Prozent Protein, 77·94 Prozent N-freie Substanz; mit 25 Prozent Kleieauszug und 3 Prozent Mahlverlust 7·89 Prozent Protein, 82·32 Prozent N-freie Substanz.

Die Ausnutzbarkeit beträgt nach Plagge und Lebbin bei dem aus Mehl mit 15 Prozent Kleieauszug erbackenen Soldatenbrot für die N-Substanz 56·65 Prozent, für die N-freie Substanz 91·68 Pronzent. Mithin sind in 1000 kg Mehl mit 15 Prozent Kleieauszug enthalten an ausnutzbaren Nährstoffen 44·937 kg Protein und 714·554 kg N-freie Substanz. Der Preis hierfür ist, wie oben berechnet, 177·27 Mark.

Bei dem aus Mehl mit 25 Prozent Kleieauszug erbackenen Brote ist nach Plagge und Lebbin die Ausnutzbarkeit für das Protein 66·25 Prozent, für die N-freie Substanz 94·39 Prozent. Mithin sind für 1000 kg Mehl mit 25 Prozent Kleieauszug und 3 Prozent Mahlverlust an nutzbaren Nährstoffen enthalten 52·271 kg Protein und 778·02 kg N-freie Substanz; der Preis hierfür ist 185·75 Mark.



Ich erhalte also für 1 Mark an ausnutzbaren Nährstoffen: bei Verwendung von Mehl mit 15 Prozent Kleieauszug 0·253 kg Protein und 4·031 kg N-freie Substanz; bei Verwendung von Mehl mit 25 Prozent Kleieauszug 0·281 kg Protein und 4·242 kg N-freie Substanz.

Somit ist gerade das Umgekehrte der Fall, als bei oberflächlicher Betrachtung erwartet wird, bei Verwendung von Mehl mit 25 Prozent Kleieauszug werden für 1 Mark mehr Stickstoffsubstanz und mehr stickstofffreie Substanz erhalten, als wenn Mehl mit 15 Prozent Kleieauszug verbacken wird. Dies ist umsomehr der Fall, als bei obiger Berechnung nicht berücksichtigt worden ist, daß Kleie die bei 25 Prozent Kleieauszug gewonnen wird, einen wesentlich höheren Nährwert hat, und daher auch einen besseren Preis erzielen wird als Kleie, die bei 15 Prozent Kleieauszug gewonnen wird.

Naturgemäß ist entsprechend der besseren Ausnutzbarkeit die Brotportion gegen die jetzt übliche herabzusetzen. Hierfür würde folgende Überlegung einen Anhalt geben:

In 1000 kg Mehl, das mit 15 Prozent Kleieauszug und 3 Prozent Mahlverlust gewonnen wird, sind an ausnutzbaren Nährstoffen enthalten 44·937 g Protein und 714·554 g N-freie Substanz, in 1000 kg Mehl, das mit 25 Prozent Kleieauszug und 3 Prozent Mahlverlust hergestellt wird, dagegen 52·271 g Protein und 778·02 g N-freie Substanz, so daß der Gehalt an ausnutzbarem Protein in Mehl mit 15 Prozent Kleieauszug nur 84 Prozent des im Mehl mit 25 Prozent Kleieauszug enthaltenen, der an ausnutzbarer N-freier Substanz 92 Prozent beträgt. Die Kohlenhydrate überwiegen im Mehl derart, daß bei dem gleichen kalorischen Werte von Eiweiß und Kohlenhydraten, das Verhältnis letzterer Substanz im Mehle als maßgebend bezeichnet werden muß, so daß die Brotration auf 92 Prozent der jetzt üblichen herabzusetzen wäre, so daß 690 g Brot aus Mehl mit 25 Prozent Kleieauszug als gleichwertig zu betrachten wären 750 g Brot aus Mehl mit 15 Prozent Kleieauszug.

Wird dagegen für die Wahl der Brotration der oben für 1000 kg Mehl mit 15 bzw. 25 Prozent Kleieauszug und 3 Prozent Mahlverlust berechnete Preis zugrunde gelegt, so würde die Ration im Verhältnis von 185·75 : 177·27, d. i. auf 95 Prozent herabzusetzen sein. Bei Beibehaltung des bisherigen Preises würde somit der Mann täglich 712.5 g Brot erhalten und damit einen Zuwachs von ausnutzbaren Nährstoffen. Soll ihm die gleiche Menge an ausnutzbaren Nährstoffen verabfolgt werden, die in 690 g Brot enthalten sein würde, so würde der Aufwand für Mehl 3 Prozent geringer werden, als das bisher der Fall ist.

Wenn es nach vorstehenden Ausführungen keinem Zweifel unterliegen kann, daß Verwendung von Mehl mit 25 Prozent Kleieauszug ökonomischer ist als von Mehl mit 15 Prozent Kleieauszug, so fragt es sich, ob von einer Umformung des Soldatenbrotes ein Fortschritt in der Ernährung des Mannes zu erwarten ist. Wie bereits eingangs hervorgehoben wurde, geht heute allgemein das Streben dahin, ein kleiearmes Brot zu erbacken, bzw. kleiearmes Brot zu verwenden. So hat sich die mehr und mehr überwiegende städtische Bevölkerung fast im ganzen Reiche von dem kleiereichen Brote, wie es früher üblich war, abgewandt, und auch auf dem Lande wird mit dem Schwinden der unvollkommenen Windmühlen ein feineres, von Kleie besser befreites, Mehl verbacken. Wenn manche neuerdings mit viel Reklame auf den Markt gebrachte Brote aus ganzem Korn davon eine Ausnahme zu machen scheinen, so ist der Vorzug dieser Brote lediglich ein künstlich konstruierter. Aus dem höheren Kleiegehalt muß bei diesen Broten naturgemäß ein höherer Gehalt an Stickstoffsubstanz erwachsen. Diese Stickstoffsubstanz ist aber nicht ohne weiteres dem im Korne enthaltenen Klebereiweiß gleich zu setzen, sie wird ganz minderwertig ausgenutzt, wie wiederholt durch Stoffwechselversuche festgestellt worden ist. Der durch die chemische Analyse ermittelte Gehalt an Stickstoffsubstanz oder, wie die Reklame meist sagt, an Eiweiß, kann nicht als Grundlage für die Einschätzung des Nährwertes dienen, hierzu berechtigt lediglich der Gehalt an verdaulichem Eiweiß, wie er durch Ausnutzungsversuche festgestellt worden ist. Indessen bei dem geringen Gehalte an Stickstoffsubstanz, besonders an ausnutzbarem Protein, kann diesem Körper im Brote ein besonderer Wert für die Ernährung überhaupt nicht beigemessen werden. Das Brot wird, falls nicht besondere leicht resorbierbare Eiweißkörper künstlich zugesetzt werden, niemals für die Deckung des Eiweißbedarfs von erheblicherer Bedeutung sein können. Für die Eiweißzufuhr spielt auch das Soldatenbrot nur eine untergeordnete Rolle, hierfür sind andere Nahrungsmittel, vornehmlich die Fleischration des Mittagessens, von ungleich höherer Bedeutung. Erwächst somit aus dem höheren Gehalt an Stickstoffsubstanz im Brote kein nennenswerter Vorteil für Deckung des Eiweißbedarfes, so ist andererseits die Ausnutzung der Kohlenhydrate in kleiereichen Broten schlechter als in kleiearmen. Plagge und Lebbin fanden, daß bei Brot, das aus Mehl mit 25 Prozent Kleieauszug erbacken wurde, die Kohlenhydrate zu 94·39 Prozent ausgenutzt wurden gegen 91·68 Prozent bei Brot aus Mehl mit 15 Prozent Kleieauszug, und beim Pumpernickel, das noch reicher an Kleie ist, werden nach König gar 11·75 Prozent der stickstofffreien Substanz nicht resorbiert. Es ist daher nicht anzunehmen, daß die aus ganzem Korn hergestellten Brote, abgesehen von ihrer Verwendung aus diätetischen



Gründen, dauernd werden festen Fuß fassen und eine so allgemeine Verbreitung werden finden können, daß der Übergang zu kleiearmem Brote wird wesentlich aufgehalten werden.

Wird aber die Verwendung kleiearmen Brotes bei unserer Bevölkerung erst allgemein, so ist die Gewöhnung an das Soldatenbrot um so schwieriger. Die Mehrzahl der Leute wird dann beim Diensteintritt nicht nur aus der gewohnten Umgebung herausgerissen und völlig neuen Pflichten unterworfen, sie findet auch eine ungewohnte Kost, soweit das Brot, das Hauptnahrungsmittel des Soldaten, in Frage kommt. Derartige Momente dürfen nicht gering veranschlagt werden, sie bilden denen willkommenen Stoff, welche unserem Volke die Freude am Heeresdienste zu nehmen oder wenigstens zu beeinträchtigen suchen.

Neben der nicht befriedigenden Ausnutzbarkeit bewirkt der hohe Kleiegehalt des Soldatenbrotes auch Beeinträchtigung des Verdauungstraktus. Der hohe Zellulosegehalt führt zu Gärungen, wodurch eine Reizung des Darmkanals bewirkt wird. Die von dem sogenannten Bäckerbrot abweichende Beschaffenheit des Soldatenbrotes ruft auch Magenstörungen hervor. Die Zahl der Magendarmerkrankungen ist daher bei der Truppe eine recht beträchtliche, und es ist sehr wahrscheinlich, daß hierfür zum Teil das den Leuten ungewohnte Brot verantwortlich zu machen ist. Dies ist gerade der Fall bei Leuten, deren Dienst sie zu einer mehr sitzenden Tätigkeit zwingt, so daß auch in den Dienstvorschriften darauf Rücksicht genommen und vorgesehen ist, daß vornehmlich den Leuten, welche Schreibgeschäfte zu erledigen haben, statt des Brotes Geld verabreicht werden darf, für das sich diese dann ein kleiearmes Brot beschaffen. Diese Ausnahmen, wie auch die Verabreichung des Brotgeldes an ältere Unteroffiziere würden in Wegfall kommen können, wenn für das Soldatenbrot Mehl mit 25 Prozent Kleieauszug gewählt würde.

Daß bei Reduzierung der Brotration von 750 auf 712 bzw. 690^{g} das Sättigungsgefühl beeinträchtigt werden würde, ist nicht anzunehmen, hierzu ist die Herabsetzung viel zu gering. Erfahrungsgemäß wird vielfach von den Leuten die jetzige Brotration nicht aufgegessen, besonders wenn das in der Ausbildungszeit sich entwickelnde vermehrte Hungergefühl überwunden und eine Gewöhnung an die veränderte Tätigkeit stattgefunden hat. Oft genug kann daher auch gesehen werden, daß die Leute, obwohl dies verboten ist, das gelieferte Brot verkaufen.

Die vorstehenden Betrachtungen führen somit dahin, daß es ökonomischer und auch zweckdienlicher sein würde, zur Herstellung von Soldatenbrot Mehl zu verwenden, das besser von Kleie befreit ist, als bisher üblich.



Über „natürliche Filtration“ des Bodens.

Von

W. Prausnitz.

(Hierzu Taf. I.)

Das Hochwasser, welches im Monat Mai wegen seiner außergewöhnlichen Stärke an vielen Orten Schaden hervorgerufen hat, hat auch die an der Mur gelegenen Brunnen des Grazer Wasserwerks in ungünstiger Weise beeinflußt. Das Wasser, welches nach den über drei Jahrzehnte gemachten Erfahrungen stets klar und rein ist und nach den mehr als ein Jahrzehnt gemachten bakteriologischen Untersuchungen, abgesehen von einigen wenigen Tagen bei Hochwasser, einen minimalen Gehalt an Mikroorganismen zeigte, war insofern erheblich verändert, als der Gehalt an Mikroorganismen eine früher nie beobachtete Höhe ergab.

Die veränderte Beschaffenheit des Wassers hat offenbar auch auf den Gesundheitszustand der Bevölkerung einen ungünstigen Einfluß ausgeübt, und es ist mit einer an Sicherheit grenzenden Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß die durch das unvorhergesehene und in seiner Stärke nicht zu erwartende Elementarereignis bedingte Veränderung des Wassers einen Teil der Magendarmerkrankungen hervorgerufen hat, welche während der Hochwasserperiode zu beobachten waren. Diese Erscheinungen haben ausgedehnte Untersuchungen veranlaßt, welche keineswegs nur lokales Interesse haben, sondern einen nicht uninteressanten Beitrag zur Frage der „natürlichen Filtration“ des Grundwassers bieten und deshalb hier eingehender besprochen werden sollen.

Erkrankungen.

In der Stadt waren über die Zahl der Erkrankungen die divergierendsten Gerüchte verbreitet; es wurde von Zehntausenden von Fällen gesprochen, ja sogar behauptet, daß die Hälfte der Bevölkerung, wenn auch in leichterem Grade, erkrankt gewesen wäre. Genauere Angaben

über die Ausdehnung der vorgekommenen Erkrankungen zu machen, ist man selbstverständlich nicht in der Lage, weil eine allgemeine Verpflichtung, diese Krankheitsfälle anzuzeigen, nicht besteht. Um möglichst sichere Anhaltspunkte zu gewinnen, habe ich folgendes getan:

Ich habe mich erstens an solche Betriebe bzw. Unternehmungen gewandt, welche über den Gesundheitszustand ihrer Angestellten unterrichtet sein müssen, weil dieselben, wenn auch nur leichter erkrankt, ihren Dienst nicht machen können.

So erhielt ich von der k. k. Post- und Telegraphendirektion für Steiermark und Kärnten folgende Zahlen:

Tabelle I.

Nachweis über die im Monat Mai der Jahre 1905, 1906 und 1907 beobachteten Erkrankungen, insbesondere Magendarmerkrankungen des Personals in Graz.

	1905			1906			1907		
	Beamte	Diener	zusammen	Beamte	Diener	zusammen	Beamte	Diener	zusammen
1. Zahl der Beamten und Diener	475	415	890	476	417	893	476	418	894
2. Zahl der Erkrankungsfälle überhaupt	63 = 7 Prozent			65 = 7·27 Prozent			58 = 6·48 Prozent		
3. Zahl der Magendarmerkrankungen	7 = 0·78 Prozent			6 = 0·67 Prozent			11 = 1·24 Prozent		

Die Grazer Tramway-Gesellschaft übergab mir Zahlen, deren Zusammenstellung folgende Tabelle liefert:

Tabelle II. Grazer Tramway.

Jahr	Personen im Dienst	Zahl aller[1] erkrankten Arbeiter	in Prozent	Anzahl der Krankheitstage
1. Kontrolleure, Kondukteure, Wagenführer und Streckenwärter.				
Mai 1905	211	15	7·1	111
„ 1906	208	9	4·3	99
„ 1907	238	16	6·7	108
2. Arbeiter der Remise, des Maschinenhauses und des Oberbaues.				
Mai 1905	61	6	9·8	44
„ 1906	50	3	6·0	10½
„ 1907	45	5	11·1	35½

[1] Die Magen-Darmerkrankungen sind nicht besonders aufgezeichnet.



Über den Gesundheitszustand eines erheblich größeren Teils der Bevölkerung orientieren Zahlen, welche ich von der allgemeinen steiermärkischen Arbeiter-Kranken- und Unterstützungskasse in Graz erhielt.

Tabelle III.
Allgemeine steierm. Arbeiter-Kranken- und Unterstützungskasse in Graz.

Zeit	Mitgliederstand Ende des Monats	Erkrankungen überhaupt	Erkrankungen an Magen- und Darmkatarrh		
			Zahl	in Prozent des Mitgliederstandes	in Prozent des Krankenstandes
Mai 1905	19 793 [1]		129	0·65	
„ 1906	20 693 [1]	583	108	0·52	20·53
„ 1907	20 666 [1]	526	153	0·74	29·09

[1] Von denen zwar ein nicht unerheblicher Teil in der Umgebung von Graz wohnt, aber wohl zumeist im Gebiet von Graz während des Tages tätig ist.

Ihr Mitgliederstand (s. Tabelle III) entspricht etwa dem siebenten Teil der Bevölkerung. Nur die erwachsenen Arbeiter und Arbeiterinnen, nicht aber deren Familienangehörige sind Mitglieder der Kasse. Die Familienangehörigen der Kassenmitglieder werden gewöhnlich von den städtischen Bezirksärzten, denen die kostenlose Behandlung der ärmeren Bevölkerung obliegt, behandelt. Nach Mitteilung des Chefarztes der Kasse Dr. Kink, welcher gleichzeitig auch städtischer Bezirksarzt ist, kann man die Zahl der von der allgemeinen Krankenkasse und den Bezirksärzten zu behandelnden Personen zusammen auf etwa 45000, fast etwa ein Drittel der Grazer Bevölkerung, rechnen.

Tabelle IV.
Von den städtischen Bezirksärzten wurden folgende Erkrankungen an akutem und chronischem Magen- und Darmkatarrh gemeldet.

Jahr	Summe aller Kranken	männlich	weiblich	im ersten Lebensjahr	über 1 bis 5 Jahre alt	über 5 bis einschließlich 15 Jahre alt	aus fremden Gemeinden überbracht
Mai 1904	46	14	32	7	5	5	—
„ 1905	70	20	50	8	6	8	—
„ 1906	48	17	29	11	5	7	—
„ 1907	74	22	52	8	2	16	—

Die Zahlen der zweiten großen Grazer Kasse sind auf der nun folgenden Tabelle V angegeben.



Tabelle V.

Bezirks-Krankenkasse I.

Nachweis über die im Monat Mai der Jahre 1905, 1906 und 1907 beobachteten Erkrankungen, insbesondere der Magendarmerkrankungen.

Jahr	Mitgliederstand	Erkrankungen überhaupt	in Prozent	Erkrankungen am Magendarmkatarrh	in Prozent	Krankentage
1905	17 340	527	3·04	42	0·24	630
1906	16 637	542	3·26	50	0·3	705
1907	17 173	550	3·2	87	0·5	993

Ich teile in Tabelle VI den mir vom Stadtphysikat überlassenen Bericht über die „in der Garnison Graz in der Zeit vom 11. bis 25. Mai 1907 in auffallender Zahl zugegangenen akuten Magendarmerkrankungen" dem Wortlaut nach mit.

Es ist auffallend, daß von den beiden Infanterieregimentern mit gleichem Mannschaftsstand das eine eine relativ **sehr große Zahl** von Erkrankungen zu beklagen hatte, während das andere keine Erkrankungen aufweist, obwohl gerade im letzteren sehr empfindliche, sonst zu Erkrankungen besonders neigende Personen (bosnisch-herzegowinische Bevölkerung) eingereiht sind. Bemerkenswert ist ferner die unter 6 gemachte Mitteilung, daß „bei der im Krankenstande befindlichen Mannschaft kein auffallender Zugang an Magendarmerkrankungen beobachtet" wurde. Diese Angabe veranlaßt mich hervorzuheben, daß in unserm auch die Universitätskliniken beherbergenden allgemeinen Krankenhause (ca. 1200 Kranke), wie in dem unter besonderer Verwaltung stehenden Kinderspital (inkl. Kinderklinik) eine irgendwie auffallende Zahl von Magendarmkrankheiten ebenfalls nicht zur Beobachtung gelangte.

Dagegen sind gerade in der wohlhabenderen Bevölkerung relativ viele Personen erkrankt, so daß einzelne der praktizierenden Ärzte sehr stark beschäftigt waren. Von ihnen wurde berichtet, daß das Bild ihrer Praxis ein ganz verändertes war, indem sie hauptsächlich Magendarmerkrankungen zum Teil ernsteren Charakters zu behandeln hatten.

Wenn ich über die Erkrankungen von Schülern keine besonderen Zahlen mitteile, so geschieht dies deshalb, weil ich von einzelnen Schulen erfuhr, daß kein abnormer Krankenstand herrschte, während mir von einer Knabenschule berichtet wurde, daß auf die Frage des Schularztes, ob einzelne von ihnen erkrankt gewesen wären, sich der größere Teil der Klasse joci causa als krank meldete.

Wir müssen aus den obigen Berichten den sicheren Schluß ziehen, daß im Mai 1907[1] eine größere Zahl von Personen an Magendarmerkrankungen litt, wobei wir noch hervorheben wollen, daß gewiß auch nicht wenige Erkrankungen vorkamen, bei welchen ärztliche Hilfe nicht zugezogen wurde, wir müssen jedoch andererseits die auch in die ausländische Tagespresse übergegangenen Berichte von Zehntausenden von Erkrankungen als eine absolut grundlose Übertreibung hinstellen.

Die meteorologischen Verhältnisse in der kritischen Zeit.

Aus dem Vorstehenden ist zu entnehmen, daß zur Zeit der diesjährigen Hochwasserperiode eine gehäufte Anzahl von Magendarmerkrankungen in Graz vorgekommen ist. Es lag, wie besprochen, nahe, oder richtiger, es war das Nächstliegende bei diesem explosionsartigen Auftreten von Verdauungsstörungen, daran zu denken, daß die Wasserversorgung die Veranlassung gewesen ist. Diese Annahme muß zum mindesten als eine höchstwahrscheinliche bezeichnet werden, wie dies weiter unten bewiesen werden wird. Zunächst soll jedoch über die meteorologischen Verhältnisse berichtet werden, welche das epidemische Auftreten der Erkrankungen, wenn auch nicht direkt veranlaßt, so doch indirekt unterstützt haben können. Es ist eine alte Erfahrung, daß Magendarmstörungen besonders in der heißen Jahreszeit vorkommen, während sie in unserem Fall in die Mitte und zweite Hälfte des Mai fielen. Wie waren die Temperaturverhältnisse in dieser Zeit, wichen sie von denen der früheren Jahre ab? Tabelle VII zeigt uns Maximum, Minimum und mittlere Tagestemperatur des Mai 1905, 1906, 1907. Wir sehen, daß gerade in der kritischen Zeit dieses Jahres, welche mit dem Ende des ersten Drittels des Monats begann, durch eine relativ lange Zeit sehr hohe Temperaturen herrschten, die jedenfalls auch die Veranlassung zum Genuß großer Wassermengen waren. Daß die langandauernde Hitze in dieser Zeit auch zum Verderben von Nahrungsmitteln Veranlassung gegeben haben wird, ist sehr wahrscheinlich, und es kann deshalb nicht bestritten werden, daß ein Teil der Magendarmerkrankungen auf dieses Moment zurückzuführen ist. Hierfür sprechen vorzüglich auch die hohen Minima und Mittel durch eine länger als eine Woche andauernde Periode.

Man kann also aus den angeführten Temperaturen den Schluß ziehen, daß eine am Ende des ersten Drittels des Monats Mai 1907 begonnene relativ lange Periode abnorm hoher Temperaturen die Disposition zu

[1] Es ist nicht ganz ausgeschlossen, daß die schwach erhöhten Zahlen des Mai 1905 vielleicht auch auf ein Hochwasser zurückzuführen sind.



Tabelle VI. Übersicht über die in der Garnison Graz in der Zeit
Magendarm-

Truppenkörper und Heeresanstalten	durchschnittliche Kopfstärke an Mannschaft	Im Monat Mai							
		11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
7. Infanterieregiment	1100	5	7	7	8	7	5	7	5
III/27. Infanteriebataillon und Ergänzungsbezirkskommando	385	—	1	—	1	—	—	—	—
2. bosn.-herz. Infanterieregiment	1100	—	—	—	—	—	—	—	—
9. Feldjägerbataillon und Ersatzbataillionskader	70	—	—	2	—	1	3	2	1
II/4. Dragonerdivision	296	2	—	—	3	5	1	—	—
3. Korpsartillerieregiment	420	—	—	—	—	—	—	1	—
3. Traindivision	219	—	—	—	—	—	—	—	—
Artilleriezeugsdepot	40	—	—	—	—	—	—	—	—
Garnisonsspital Nr. 7 (Sanitätsabteilung)	176	—	—	—	—	1	1	1	—
Militärverpflegsmagazin	60	—	—	—	—	—	—	—	—
Monturdepot Nr. 3	120	—	—	—	—	—	—	—	—
Garnisonsarrest	51	2	3	—	1	2	3	—	1
Mannschaftsdetachement beim 3. Korpskommando	90	—	—	—	—	—	—	—	—
Landwehrinfanterieregiment Nr. 3	560	—	—	—	—	—	1	4	3
Summe	4687	9	11	9	13	16	14	15	10

Bemerkungen:

1. Von den Gagisten erkrankten, soweit dies bekannt wurde, ca. 30, wovon
undienstbar waren.
2. Von Kindern der Gagisten und Unteroffiziere erkrankten 27 und zwar fast sämt-
3. Diätfehler wurden nur in wenigen Fällen zugegeben; übermäßiges oder zu kaltes
4. Die Erkrankungen begannen öfters mit Fieber und Erbrechen, es folgten häufige
schwanden in den meisten Fällen die Krankheitserscheinungen.
5. Am 16. und 18. gelangte beim Infanterieregiment Nr. 7 je 1 Darmtyphusfall in
6. Die an das Spital abgegebenen Kranken sind in durchschnittlich 8 Tagen
Zugang an Magendarmerkrankungen beobachtet.



vom 11. bis 25. Mai 1907 in auffallender Zahl zugegangenen akuten erkrankungen.

gingen zu am:							Summe	an Heilanstalten abgegeben	Totalzugang im Mai des Jahres		Anmerkung
19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.			1907	1906	
3	2	—	—	—	—	—	56	5	60	3	
—	1	—	—	—	—	2[1]	5	—	5	4	[1] Diätfehler konstatiert. Wasserversorgung durch Pumpbrunnen
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	
—	—	—	—	—	—	—	9	1	9	—	
—	—	—	—	1	—	—	12	12	15[2]	—	[2] v. d. 4. Eskad. 13, v. d. 5. Eskad. 2
—	—	—	—	1	—	1	3	3	7	1	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	Wasserversorgung durch Pumpbrunnen
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	1	1	—	2	—	—	7	3	7	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	1	—	1	—	2	16	1	18	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1	1	—	5	1	2	2	20	—	20	10	
4	5	2	5	6	2	7	128	25	141	21	

jedoch nur einzelne bis zu 3 Tagen wegen etwas schweren Krankheitserscheinungen

liche leicht. Nur bei 2 Kindern dauerte die Erkrankung 10 Tage.
Trinken konnte nicht konstatiert werden.
Stuhlentleerungen mit kolikartigen Schmerzen und Tenesmus. In 2 bis 4 Tagen

Zugang. Die Infektionsquelle konnte nicht konstatiert werden.
genesen. Bei der im Krankenstande befindlichen Mannschaft wurde kein auffallender



Tabelle VII.

Datum	Mai 1905			Mai 1906			Mai 1907		
	Maximum	Mittel	Minimum	Maximum	Mittel	Minimum	Maximum	Mittel	Minimum
1.	22·3	15·4	7·7	16·6	11·6	4·0	13·4	9·0	1·0
2.	24·4	16·8	7·5	11·9	8·2	5·6	11·3	6·8	3·5
3.	23·0	17·5	11·0	16·0	8·9	0·0	15·5	10·0	1·0
4.	20·8	15·7	11·7	17·0	12·2	3·5	19·0	13·4	6·0
5.	21·0	15·9	13·3	15·1	10·5	5·0	21·0	15·7	7·5
6.	21·6	15·7	10·4	15·9	12·5	8·5	23·0	16·9	7·8
7.	18·1	13·9	11·8	16·0	13·3	11·5	23·1	16·9	9·0
8.	19·2	14·4	6·3	18·0	14·0	10·5	24·0	17·8	9·6
9.	17·8	13·5	10·4	18·9	14·2	8·0	25·0	18·2	10·8
10.	15·6	11·6	8·7	20·0	15·1	10·5	23·5	18·3	11·5
11.	17·0	11·2	4·0	21·0	15·8	8·4	24·6	19·1	12·0
12.	15·2	12·1	4·5	21·0	15·1	9·6	24·6	19·2	14·4
13.	18·0	12·7	5·4	21·6	14·6	8·4	25·0	18·5	11·8
14.	18·0	13·7	8·9	18·3	15·3	11·3	24·2	19·1	11·0
15.	16·5	13·6	10·8	21·0	15·4	9·6	27·0	16·7	11·6
16.	14·4	12·9	12·2	20·5	15·3	8·5	24·0	17·8	14·6
17.	17·2	13·1	10·6	17·0	14·7	12·4	13·5	11·3	10·8
18.	19·3	14·9	7·0	16·0	13·7	12·8	9·3	8·5	7·6
19.	17·0	14·3	11·6	18·8	14·6	8·6	9·3	7·8	5·0
20.	19·2	12·5	9·8	17·7	12·0	5·0	14·2	12·5	8·0
21.	17·0	12·1	6·9	15·6	10·1	8·0	16·0	11·9	8·0
22.	18·2	13·9	6·9	16·9	12·6	6·4	19·2	14·3	6·0
23.	9·5	9·1	8·2	18·2	13·8	8·3	22·0	16·0	8·0
24.	13·2	10·7	6·8	21·1	15·7	8·0	25·2	19·8	10·3
25.	12·5	10·3	7·4	22·4	16·7	9·6	24·0	18·9	16·3
26.	14·2	11·0	7·0	22·6	18·8	11·0	25·1	19·8	12·0
27.	17·2	13·3	5·4	21·0	16·7	12·0	24·1	19·8	13·1
28.	19·1	13·9	7·0	23·0	18·4	13·9	23·8	18·3	13·4
29.	20·3	14·1	5·7	24·1	18·0	14·6	19·0	16·2	11·3
30.	21·4	16·1	8·0	22·6	18·4	14·5	17·0	13·9	13·1
31.	23·4	17·7	9·4	21·9	17·4	13·5	21·1	16·4	8·2

Magendarmerkrankungen begünstigte, indem die Verderbnis von Nahrungsmitteln befördert und der reichliche Genuß eines, wie wir bald sehen werden, bakteriologisch aber auch chemisch veränderten Wassers in erhöhter Menge verursacht wurde. Daß nicht nur dem veränderten Wasser der Zentralwasserversorgung die Schuld an den Magendarmerkrankungen ausschließlich beizumessen ist, muß aus dem Umstande gefolgert werden, daß diese Erkrankungen auch dort vorgekommen sind, wo Leitungswasser gar nicht vorhanden war und nicht genossen wurde.

Das hygienische Institut wurde auch zu einer Epidemie von Enteritis usw. in einer in der Nähe von Graz gelegenen öffentlichen Anstalt zugezogen, bei welcher fast 80 Prozent der Zöglinge erkrankt waren. Die Anstalt ist nicht mit Leitungswasser versorgt.

Die Wasserversorgung von Graz.

Graz hat außer einer Zentralwasserversorgung noch einige tausend Brunnen. Da in manchen Häusern Leitungswasser und Brunnenwasser vorhanden ist, läßt sich nicht genau sagen, ein wie großer Teil von Graz auf Brunnen- bzw. Leitungswasser angewiesen ist; jedenfalls deckt der erheblich größere Teil der Bevölkerung seinen Bedarf mit Leitungswasser.

Das in den Händen einer Gesellschaft befindliche Wasserwerk besteht aus zwei Teilen.

Der ältere Teil[1] wurde 1870 bis 1872 installiert. Er liegt etwa 1·5 ^{km} vom Zentrum der Stadt entfernt am linken Ufer der Mur auf einem Wiesenterrain. Der Boden gehört dem Diluvial- und Alluvialgebiete an; unter der Humusschicht befindet sich in einer Mächtigkeit von 8 bis 10 ^{m} ein Gemenge von Sand und Schotter, welches auf einem wasserundurchlässigen Tonschiefer aufliegt, der die Schicht trägt, welche das Grundwasser führt. Die oberen Teile der Schotter-Sandschicht wurden einst an einzelnen Stellen zur Sandgewinnung in verschiedener Ausdehnung benützt.

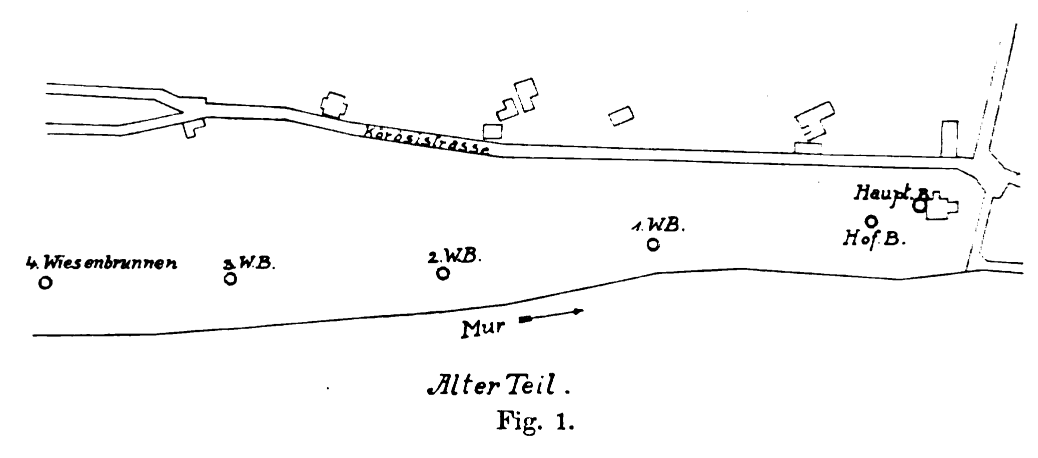
Ich habe in früherer Zeit versucht, bakteriologische Untersuchungen des Bodens an verschiedenen Punkten des Wasserwerkterrains zu machen, mußte dieselben aber aufgeben, da wir mit einem Fränkelschen etwas modifizierten Bodenbohrer in irgend erhebliche Tiefen nicht eindringen konnten; andere Mittel zur sterilen Entnahme von Bodenproben aus größeren Tiefen standen mir nicht zur Verfügung. Wir haben dann nur im Jahre 1896 den Bau eines Brunnens (vierter Wiesenbrunnen) zur Bestimmung des Bakteriengehaltes der verschieden tiefen Bodenschichten

[1] *Denkschrift zum 25 jährigen Bestehen des Grazer Wasserwerkes.* 1897.



benützen können. Die unter den notwendigen Kautelen entnommenen Proben ergaben die schon von **Hammerl**[1] mitgeteilten Zahlen:

1 cg Boden enthielt			
A		B	
in einer Tiefe von	Keime	in einer Tiefe von	Keime
30 cm	2409	130 cm	2925
190 „	1180	175 „	600
220 „	277	215 „	30
270 „	116	300 „	80
300 „	7	420 „	50—60
310 „	4		



Alter Teil.
Fig. 1.

Die Wassergewinnung im älteren Teil des Werks (s. Fig. 1) besteht aus 6 Schachtbrunnen, von welchen einer als Sammelbrunnen dient und in der Abbildung als Hauptbrunnen bezeichnet ist. Die Brunnen sind verschieden weit von der Mur entfernt, und zwar

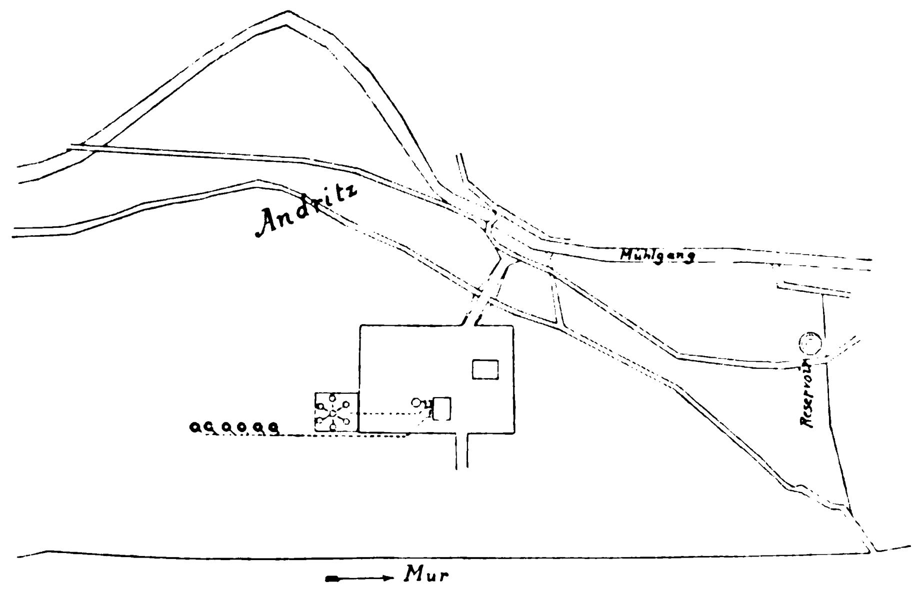
der	Hauptbrunnen . .	43·7 m
„	Hofbrunnen . . .	37·2 „
„	1. Wiesenbrunnen	18·7 „
„	2. „	20·4 „
„	3. „	30·3 „
„	4. „	34·5 „

[1] Das Wasserwerk der Stadt Graz vom hygienischen Standpunkt aus betrachtet. *Archiv für Hygiene.* 1897. Bd. XXVII.

Die Schachtbrunnen sind aus Zementmauerung hergestellt, etwa 8 m tief und 6 m weit; nur der erste Schachtbrunnen der ursprünglichen Anlage besteht aus Gußeisen und ist 4·8 m weit. Die Wände aller Schachtbrunnen sind undurchlässig, so daß das Wasser nur in einer Tiefe von ca. 8 m zum Brunnen hinzutreten kann.

Zwischen dem 3. und 4. Wiesenbrunnen sind noch (in der Abbildung nicht eingezeichnet) sieben eiserne Rohrbrunnen nach Thiem eingefügt.

Die Brunnen sind durch Heberleitungen miteinander verbunden, welche durch Füllung derselben mit Druckwasser bzw. durch Entlüftung mittels eines Dampfinjektors in Betrieb gesetzt werden können.



Neuer Teil.

Fig. 2.

Die stetige Zunahme des Konsums einerseits, dann das durch die Regulierung der Mur und die damit in Zusammenhang stehende Vertiefung des Murbettes bedingte Sinken der Grundwasserstände andererseits haben eine Erweiterung des Werkes notwendig gemacht.

Es wurde deshalb vor 10 Jahren im Norden der Stadt etwa 3 km oberhalb des älteren Teils ein größerer Grund erworben, welcher ähnliche Bodenverhältnisse zeigt; nur ist hier die Schotterschicht ganz erheblich tiefer. Auf demselben sind (Fig. 2) außer einem Sammelbrunnen nur noch Thiem'sche Rohrbrunnen angelegt, welche durch Heberleitungen mit dem Sammelbrunnen und den Pumpen in Verbindung stehen. Die Brunnen sind etwa 100 m von der Mur entfernt. Die neue Anlage bietet zunächst durch die erheblich weitere Entfernung der Brunnen

von der Mur bedeutend größere Garantien für die Lieferung eines gleichmäßigen, einwandfreien Wassers. Der älteren Anlage gereicht es auch nicht zum Vorteil, daß sie allmählich mehr und mehr eingebaut wird und daß sogar ein Teil des Stadtbezirks, in welchem sich das Wasserwerk befindet, noch der Kanalisation entbehrt; es ist dies ein Mißstand, auf welchen von uns schon vor einem Jahrzehnt ohne genügenden Erfolg hingewiesen wurde. Welchen Einfluß dieser Umstand auf die in der Nähe des Wasserwerkes befindlichen Privatbrunnen hat und ob man annehmen kann, daß hierdurch die Brunnen des Wasserwerkes auch jetzt schon gefährdet sind, soll später erörtert werden.

Wie ist nun das Wasser beschaffen, welches von der soeben beschriebenen Anlage gefördert wird? Die ältesten Untersuchungen, welche sich auf einen längeren Zeitraum und zwar auf mehrere Jahre erstreckten, wurden von J. Kratter[1] zu einer Zeit ausgeführt, als das Werk nur zwei große Brunnen, den Hauptbrunnen ($43 \cdot 7^{m}$ von der Mur entfernt) und den ersten Wiesenbrunnen ($18 \cdot 7^{m}$ von der Mur entfernt) hatte. Auf Grund der in den fünf Beobachtungsjahren gemachten Analysen kam Kratter zu dem Ergebnis, daß das Wasser niemals trüb war; „in chemischer Beziehung entspricht das Leitungswasser den strengsten Anforderungen, die an ein Wasser gestellt werden können, und ist allein von diesem Gesichtspunkte aus beurteilt das unbedingt reinste Wasser, welches in Graz überhaupt vorhanden ist.“

Was die physikalische und chemische Beschaffenheit des Leitungswassers anlangt, so haben zahllose Beobachtungen und Untersuchungen der späteren Jahrzehnte im wesentlichen bestätigt, was Kratter berichtete, als das Wasserwerk nur aus zwei Brunnen schöpfte. Ich möchte besonders hervorheben, daß das Wasser im Gegensatz zu anderen in ähnlicher Weise in der Nähe eines Flusses situierten Werken niemals trübes Wasser liefert. Mag es noch so lange Zeit und heftig regnen, mag der Stand des Hochwassers noch so hoch sein, ich habe das Wasser stets nur ganz klar gesehen. Auch in chemischer Beziehung können die Kratterschen Befunde nur bestätigt werden; obwohl inzwischen das Werk erheblich erweitert wurde, ist doch der chemische Charakter des Wassers, das zwar jetzt aus einer größeren Zahl von Schöpfstellen gepumpt wird, die aber doch im gleichen Boden liegen, im wesentlichen derselbe geblieben.

[1] *Studien über Trinkwasser und Typhus mit Zugrundelegung der Trinkwasserverhältnisse von Graz.* 1886.



Tabelle VIII.

Keimzahl in Kubikzentimeter.

Datum	Höhe des Murpegels	Mur	Hauptbrunnen	Hofbrunnen	Leitung hyg. Inst.	I.	II.	III.	IV.
						Wiesenbrunnen			
16. IV. 1895	0·00 m	3000	5	12	—	7	—	—	—
23. IV.	+ 0·55 „	2800	verungl.	—	—	—	30	1	—
2. V.	+ 0·70 „	3276	80	3	—	—	—	12	—
8. V.	+ 0·55 „	1326	0	—	—	70—80	—	2	—
24. V.	+ 0·90 „	2268	20	—	—	12	verungl.	—	—
27. VI.	+ 0·10 „	1205	1	—	—	—	6	—	—
18. IX.	− 0·55 „	1512	40—50	20—30	—	20	4—5	4—5	—
13. II. 1896	− 0·85 „	4588	1	0	—	—	40—50	—	—
28. II.	− 0·97 „	2200	1—2	4—5	—	10—12	12—15	50	—
11. III.	+ 0·10 „	9—10 000	350	2	—	440	.150	200	—
25. V. 1897	+ 0·85 „	—	—	—	9	—	—	—	—
27. V.	+ 0·85 „	—	—	—	2—3	—	—	—	—
28. V.	+ 0·95 „	—	—	—	23	—	—	—	—
29. V.	+ 0·90 „	—	—	3	15	4	4	—	—
30. VII.	+ 1·40 „	4285	—	—	47	—	—	—	—
1. VIII.	+ 1·20 „	1640	—	—	39	—	—	—	—
2. VIII.	+ 0·75 „	1762	—	—	25	—	—	—	—
3. VIII.	+ 0·55 „	2455	—	—	0	—	—	—	—
31. V. 1898	+ 0·60 „	—	—	4	—	5	4	—	—
22. VI.	+ 0·55 „	1472	—	25	—	4	19	2	—
23. VI. (3h früh)	+ 0·55 „	3088	—	3	—	4	10	5	—
(1/2 8h abds)	+ 0·55 „	4695	—	8	—	9	9	8	—

Tabelle VIII (Fortsetzung).

Datum	Höhe des Murpegels	Mur	Hauptbrunnen	Hofbrunnen	Leitung hyg. Inst.	I.	II.	III.	IV.
						Wiesenbrunnen			
9. V. 1900	+ 127 cm	2000	—	23	—	21	33	—	—
10. V.	+ 106 „	1764	—	170	—	15—20	16—18	—	—
11. V.	+ 72 „	1830	—	25	—	21	19	—	—
18. III. 1902	− 1·05 m	900—1000	150—160	—	228	8	9	—	—
18. IV.	+ 0·7 „	2100—2200	3	7	15—18	4	10	—	—
9. VII.	− 0·17 „	verflüssigt	1—2	0	5	0	1—2	—	—
30. XI.	− 1·37 „	1700	1—2	—	—	10—15	—	—	—
11. III. 1903	− 1·23 „	1638	0	—	—	6	—	—	—
15. VI.	− 0·6 „	1260	0	—	—	1	—	—	—
25. VIII.	− 22 cm	verflüssigt	0	—	—	1	—	—	—
17. IX.	+ 43 „	3150	143	11	—	292	80	53	—
30. IX.	− 78 „	1638	12	1—2	—	25—30	6—12	1—2	—
19. II. 1904	—	2200—2300	7	0	—	8	0	—	27
25. V.	− 1·5 dcm	800	8	10	—	0	3	—	7
21. VII.	− 119 cm	1386	5	5	—	33	15	—	23
19. XI.	− 1·07 m	2772	—	—	1—2	—	8—10	1—2	—
20. II. 1905	− 167 cm	1600—1700	—	—	7	6—7	3—4	2	4
10. V.	+ 88 „	2200	30	10	30—40	15	—	—	1700
30. VIII.	− 53 „	3528	1—2	—	—	4—5	9—10	1—2	8
24. XI.	− 98 „	3024	—	73	1	1	2	—	—
1. II. 1906	− 186 „	ca. 4000	1	0	1	—	2	—	—
21. V.	− 13 „	1386	—	—	3	1	5	—	—
6. VIII.	− 110 „	3150	—	—	—	—	4	—	21
28. XI.	− 120 „	2016	1	3	—	15	—	4	—
2. III. 1907	− 185 „	3402	6	3	7	1	1	—	—

Nur in einem Punkte haben die neueren Forschungen zu einem anderen Resultat geführt. Kratter nahm an, daß das Leitungswasser ein reines Grundwasser sei, während die von Hammerl in der Mitte der neunziger Jahre ausgeführten Untersuchungen mit Sicherheit zeigten, daß dasselbe ein Gemisch von Grundwasser und seitlich filtriertem Murwasser ist. Dieser Nachweis war die Veranlassung, daß das Leitungswasser und das Wasser der einzelnen Brunnen auch wiederholt bei Hochwasser untersucht wurde. Ein Teil dieser Untersuchungen, welche auf meine Veranlassung 1897 von Koslik, 1898 von Helle ausgeführt wurden, sind mit weiteren von Hammerl selbst gemachten von letzterem[1] im Zentralblatt f. allgem. Gesundheitspflege publiziert worden. Vom Jahre 1902 an hat dann die Stadt Graz selbst das Wasser durch Dr. Hammerl im hygienischen Institut amtlich untersuchen lassen; die bis dahin ausgeführten Untersuchungen wurden nur aus wissenschaftlichem Interesse durchgeführt.

Das Gesamtergebnis aller dieser Untersuchungen ist in Tabelle VIII zusammengestellt. Ehe wir auf ihre Detailbesprechung eingehen, müssen wir uns zunächst über die Murwasserverhältnisse etwas klarer werden.

Tabelle IX.
Pegelstände der Mur, in den Jahren 1897—1907 an der Franz-Carl-Brücke in Graz gemessen.

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
Mittel	− 135	− 133	− 100	− 41	+ 6	− 12
Maximum	− 90	− 43	+ 76	+ 104	+ 197	+ 160
	17. I. 97	25. II. 98	27. III. 98	19. IV. 04	21. V. 07	16. VI. 98
Minimum	− 205	− 196	− 185	− 161	− 92	− 94
	24. I. 07	11. II. 06	1. III. 07	5. IV. 06	5. V. 06	30. VI. 03

	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Mittel	− 57	− 71	− 79	− 93	− 99	− 121
Maximum	+ 155	+ 120	+ 180	+ 105	+ 20	− 32
	31. VII. 97	1. VIII. 97	15. IX. 99	12. X. 04	25. XI. 04	1. XII. 98
Minimum	− 140	− 150	− 158	− 160	− 160	− 180
	31. VII. 05	6. VIII. 05	9. IX. 06	27. X. 05	2. XI. 05	31. XII. 06

[1] Neuere Untersuchungen über das Grazer Wasserwerk mit besonderer Berücksichtigung der Frage der Einwirkung der Flüsse auf Grundwassserversorgungen bei Hochwasserperioden. 1900. Bd. XIX.

Wie wir schon oben erwähnten, hat sich das Murbett durch die vorausgegangene Regulierung immer mehr eingetieft, eine Erscheinung, welche zwar für die Ergiebigkeit der Brunnen des Wasserwerks nicht günstig war, das Terrain der Brunnen aber um so sicherer gegen eine Überschwemmung auch bei ganz besonders starken Hochwässern schützte, auch verhütete, daß in Hochwasserzeiten das aufgestaute Grundwasser bzw. Flußwasser in die höheren Bodenschichten eindrang.

Soweit lediglich aus Pegelbeobachtungen geschlossen werden kann, hat sich das Murbett in Graz seit dem Jahre 1870 um rund 2 ^{m} eingetieft. Der Wasserstand des Flusses ist, wie bei allen Gebirgsflüssen, ein recht schwankender. Im Frühjahr und Sommer kommen die höchsten, im Herbst und Winter die tiefsten Wasserstände zur Beobachtung. Einen summarischen Überblick über die Pegelstände der Mur — an der Franz-Karl-Brücke in Graz 1897 bis 1906 abgelesen — gibt uns zunächst die Tabelle IX, in welcher ich die Monatsmittel-maxima und -minima der genannten Jahre zusammengestellt habe. Sie zeigt uns die oben erwähnten Schwankungen in großen Zügen. Da nun gerade die Schwankungen des Pegelstandes für die Filtrationsverhältnisse von großer Bedeutung sind, weil, wie wir später besprechen werden, es für den Filtrationseffekt besonders ungünstig ist, wenn das Wasser bei plötzlichem Ansteigen trockene und damit großporige Bodenschichten zu passieren hat, so wollen wir zur Vervollständigung des Bildes die gesamten mittleren Tagespegelstände der letzten zehn Jahre im Anhang wiedergeben. Bei eingehender Durchsicht der Tabellen wird es auffallen, daß sich die Hochwässer in bezug auf Dauer und Höhe ganz verschieden verhalten.

Um einen besseren Überblick über sie zu erhalten, wurden dieselben auf gleiche Höhe (einheitliches Flußprofil) reduziert, und zwar in folgender Weise. Wie schon hervorgehoben, haben sich die Murverhältnisse in den letzten Jahrzehnten ganz erheblich verändert, weil durch die an der Mur abwärts von Graz durchgeführten Bauten und Regulierungen auch im Querprofile des Grazer Pegels Änderungen verursacht wurden. Diese Änderungen sind zweierlei Art:

1. Formänderungen des Profils und
2. Höhenänderungen der Sohle.

Nach Mitteilungen von Herrn Ingenieur W. Reitz (k. k. hydrographisches Bureau für Steiermark in Graz), dem ich für seine Unterstützung zu ganz besonderem Danke verpflichtet bin, lassen sich mit Hilfe des Pegels von Frohnleiten (30 ^{km} oberhalb Graz), der in einem seit dem Jahre 1876 unveränderten Profile steht, diese beiden Änderungen im Profile des Grazer Pegels mit einer für die Praxis vollkommen ausreichenden



Genauigkeit bestimmen. Hierbei zeigt sich, daß die seit dem Jahre 1897 eingetretene Änderung der ersten Art vernachlässigt werden kann. Nicht so die der zweiten Art.

In dem Zeitraume von 1897 bis 1907 hat sich die Mur in Graz um 70cm eingetieft. Aus diesem Grunde können die Wasserstandsbeobachtungen verschiedener Jahre nur dann ohne weiteres verglichen werden, wenn es sich nur um die absolute Höhe des Wasserstandes und damit allerdings um einen gerade für die Einwirkung auf die Wasserwerksbrunnen sehr wichtigen Faktor handelt.

Will man jedoch die Wasserstandsbeobachtungen benutzen, um die Stärken der einzelnen Hochwässer zu vergleichen oder langjährige Mittel zu berechnen, so muß man vorher eine Reduktion der Wasserstände vornehmen und zwar in der Weise, daß die durch die Änderungen des Profiles bedingten Wasserstandsdifferenzen ausgeschieden werden.

Dies kann im allgemeinen nur mit Hilfe der Relation zwischen dem zu untersuchenden und dem unveränderlichen Pegel geschehen.

In dem besonderen Falle Graz-Frohnleiten vereinfacht sich diese Reduktion aus dem Grunde, weil, wie schon erwähnt, die Formänderung des Grazer Profils seit 1896 für meinen Zweck vernachlässigt werden kann. In diesem und nur in diesem Falle kann die Reduktion lediglich mit Hilfe der Eintiefung „e“ und zwar in folgender Weise erfolgen:

Die „e“ sind die Eintiefungen von einer bestimmten Zeit t_o an. Soll nun ein zur Zeit t_i beobachteter Wasserstand h_i auf die Zeit t_n reduziert werden, so bestimmt man zunächst die Eintiefungen e_i und e_n; wie dies geschieht, soll hier nicht weiter erörtert werden. Es ist dann die für Zeit t_i gültige Reduktionsgröße

$$\sigma_i = e_i - e_n$$

und der auf die Zeit t_n reduzierte Wasserstand

$$H_i = h_i + \sigma_i.$$

Da sich in unserem Falle die „e“ innerhalb der Zeit eines Jahres nur um wenige Zentimeter ändern, genügt es, dieselben für die einzelnen Jahre seit 1897 zu berechnen, dann gelten auch die Reduktionsgrößen σ für das ganze betreffende Jahr.

Die in folgender Tabelle zusammengestellten σ wurden unter der Voraussetzung berechnet, daß sämtliche Wasserstände auf das Jahr 1906 reduziert wurden. Eine Reduktion auf das Jahr 1907 schien aus dem Grunde nicht angezeigt, weil mit Rücksicht darauf, daß für 1907 naturgemäß erst die Beobachtungen nur einzelner Monate vorliegen, die Bestimmung der Relation nicht mit derselben Genauigkeit durchgeführt werden konnte wie für die übrigen Jahre. Die für das Jahr 1907 angegebenen Werte gelten nur bis Juli.



Tabelle XI. Vgl. Zusammenstellung der Hochwässer in Graz während der

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
April	1.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	9.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	11.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	14.	—	—	—	—	—	—	—	—	−12	—	—
	15.	—	—	—	—	—	− 1	—	−14	+ 1	—	—
	16.	—	—	—	—	—	+ 9	—	+18	+ 5	—	—
	17.	—	—	—	—	—	+10	—	+60	+13	—	—
	18.	—	—	—	—	—	+ 9	—	+75	+10	—	—
	19.	—	—	—	—	—	+16	—	+79	−12	—	—
	20.	—	—	—	—	—	+ 6	—	+61	—	—	—
	21.	—	—	—	—	—	+ 4	—	+33	—	—	—
	22.	—	—	—	—	—	+ 9	—	+13	− 7	—	—
	23.	—	—	—	—	—	+24	—	+30	−11	—	—
	24.	—	—	—	− 1	—	+ 9	—	+45	—	—	—
	25.	—	—	—	− 1	—	+ 8	—	+46	—	—	—
	26.	—	—	—	—	—	+ 3	—	+48	—	—	—
	27.	—	—	—	—	—	+ 9	—	+57	—	—	—
	28.	—	—	—	—	—	+18	—	+55	—	—	—
	29.	—	—	—	—	—	− 3	—	+18	—	—	—
	30.	—	—	—	—	—	—	—	+ 5	—	—	—
Mai	1.	—	—	—	—	—	—	—	−13	− 12	—	—
	2.	—	—	—	+ 6	—	—	—	—	+ 18	—	—
	3.	—	—	—	+11	—	—	—	− 8	+ 55	—	—
	4.	—	—	—	+31	—	—	—	+26	+ 72	—	—
	5.	—	−10	—	+56	—	—	—	+40	+ 73	—	− 13
	6.	—	—	—	+46	—	—	—	+18	+ 90	—	+ 35
	7.	—	—	—	+41	—	—	—	− 5	+108	—	+ 92
	8.	—	—	—	+59	—	—	—	−10	+133	—	+110
	9.	—	—	—	+69	—	—	—	—	+ 96	—	+122
	10.	—	—	—	+49	—	—	—	—	+ 81	−15	+150
	11.	—	—	—	+16	—	—	—	—	+ 53	−11	+167
	12.	—	—	—	+ 9	—	—	—	—	+ 33	−10	+182
	13.	—	—	—	—	− 6	—	—	—	+ 20	− 5	+185
	14.	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 33	− 7	+182
	15.	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 18	− 0	+159
	16.	—	—	—	+ 9	—	—	—	—	+ 13	+18	+153
	17.	—	—	—	+ 9	—	—	—	—	+ 98	+12	+147
	18.	—	—	− 9	—	—	—	—	—	+118	+10	+130
	19.	—	—	—	—	—	− 6	—	− 5	+ 81	+15	+105
	20.	+20	—	—	—	—	—	—	+10	+ 73	+ 7	+117
	21.	+35	—	—	—	—	—	—	+10	+ 66	−13	+204
	22.	+20	—	—	—	—	—	—	+ 2	+ 52	—	+127
	23.	+25	—	—	—	—	—	—	− 2	+ 45	—	+ 97
	24.	+20	—	—	—	—	—	—	+13	+ 70	—	+ 97
	25.	+15	—	—	—	—	—	—	− 5	+ 45	—	+107
	26.	+15	—	—	—	—	—	—	—	+ 26	—	+127
	27.	+15	—	—	+11	—	—	—	—	+ 3	—	+127
	28.	+20	—	—	+ 1	—	—	—	—	− 10	—	+132
	29.	+15	—	—	−14	—	—	—	+ 3	− 15	—	+137
	30.	− 5	—	—	—	—	−11	—	− 2	− 15	+ 7	+117
	31.	−10	—	—	—	—	+24	—	—	− 9	+47	+ 87

Monate April—Sept. der Jahre 1897—1907 (Juli), reduziert auf das Jahr 1906.

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Juni	1.	−15	—	—	—	—	+34	—	—	− 9	+47	+62
	2.	—	—	—	—	—	+49	—	—	− 2	+32	+66
	3.	—	—	—	—	—	+52	—	—	+ 1	+78	+52
	4.	—	—	—	—	—	+54	—	—	− 7	+22	+37
	5.	—	—	—	—	—	+49	—	—	+ 3	− 2	+15
	6.	—	—	—	—	—	+52	—	—	+ 3	—	+11
	7.	—	—	—	—	—	+49	—	—	+ 6	− 8	+ 9
	8.	—	—	—	—	—	+19	—	—	0	−18	− 1
	9.	—	—	—	—	—	+74	—	—	− 7	—	−10
	10.	—	—	—	—	—	+16	—	—	−15	—	—
	11.	—	—	—	—	—	+12	—	—	−15	—	—
	12.	—	—	—	—	—	+ 7	—	—	—	—	− 3
	13.	—	—	—	—	—	+ 9	—	—	−12	—	+ 1
	14.	—	—	—	—	—	+22	—	—	—	—	+ 1
	15.	—	+10	—	—	—	+34	—	—	—	—	0
	16.	—	+90	—	—	—	+ 1	—	—	—	—	0
	17.	—	+40	—	—	—	− 1	—	—	—	—	+ 4
	18.	—	+10	—	—	—	− 0	—	—	—	—	+ 1
	19.	—	−12	—	—	—	−36	—	—	—	—	−14
	20.	—	−10	—	—	—	+ 9	—	—	—	—	—
	21.	—	−13	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	22.	—	− 0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	23.	—	−15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	24.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	25.	—	—	—	—	—	− 6	—	—	—	—	—
	26.	—	—	—	—	—	− 9	—	—	—	—	—
	27.	—	—	—	− 3	—	—	—	—	—	—	—
	28.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	29.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	30.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Juli	1.	—	—	—	—	—	− 6	—	—	—	—	—
	2.	—	—	—	—	—	+ 4	—	—	—	—	—
	3.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	9.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	11.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	14.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	15.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	16.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	17.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	18.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	19.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	21.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	22.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	23.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	24.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	25.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	26.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	27.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	28.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	29.	+70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	30.	+35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	31.	+85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle XI. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
August	1.	+50	—	—	—	—	—	+22	—	—	—	—
	2.	+10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3.	−10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	9.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	11.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13.	—	—	—	—	—	—	—	—	+28	—	—
	14.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	15.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	16.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	17.	—	—	—	—	—	—	−10	—	—	—	—
	18.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	19.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	21.	—	—	—	—	—	—	+14	—	—	—	—
	22.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	23.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	24.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	25.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	26.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	27.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	29.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	30.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	31.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
September	1.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	9.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	11.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	14.	—	—	+ 39	—	—	—	—	—	—	—	—
	15.	—	—	+120	—	—	—	+62	—	—	—	—
	16.	—	—	—	—	—	—	+45	—	—	—	—
	17.	—	—	—	—	+22	—	+ 5	−15	—	—	—
	18.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	19.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	21.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	22.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	23.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	24.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	25.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	26.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	27.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	28.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	29.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	30.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Jahr	e^{cm}	σ^{cm}	Jahr	e^{cm}	σ^{cm}
1897	0	−70	1902	24	−46
1898	0	−70	1903	32	−38
1899	4	−66	1904	45	−25
1900	11	−59	1905	63	− 7
1901	14	−56	1906	70	0

1907 $e = 77$ $\sigma = +7$.

Herr Ingenieur Reitz hat ferner auf mein Ersuchen für die letzten zehn Beobachtungsjahre (1897 bis 1907) berechnet

Mittleres Hochwasser	Hm	$= + 99^{cm}$
Hochwassergrenze	$^1/_2 (Hm + M_1)$	$= - 15$ „
Mittelwasser	M_1	$= -127$ „
Niederwassergrenze	$^1/_2 (M_1 + Nm)$	$= -162$ „
Mittleres Niederwasser	Nm	$= -199$ „

Auf Grund dieser Zahlen habe ich nun eine Zusammenstellung aller Tage der Monate April bis September gemacht, an welcher die Hochwassergrenze $^1/_2 (Hm + M_1) = - 15$, nach Reduktion mit der oben entwickelten Reduktionsgröße σ, erreicht wurde. Die Zusammenstellung ist in Tabelle XI wiedergegeben und zeigt uns, wie sich die Hochwässer in bezug auf Schnelligkeit und Höhe des Ansteigens und Dauer sehr verschieden verhalten. Sie macht es ohne weiteres verständlich, daß die Einwirkung des Hochwassers Mai 1907 auf die Brunnen des Wasserwerks eine viel intensivere sein mußte als die der früheren Hochwässer.

Wir können aus der Tabelle XI weiterhin noch entnehmen, daß stärkere Hochwässer in Graz im allgemeinen recht selten und gewöhnlich von ganz kurzer Zeit sind.

Wenn ich mit Ingenieur Reitz auf Grund der vorausgegangenen Auseinandersetzungen den mittleren Hochwasserstand 1897 bis 1907 $Hm = + 99$ und die Hochwassergrenze mit $- 15$ annehme, so ist im genannten Zeitraum überschritten worden:

	die mittlere Hochwassergrenze (+99)	Hochwassergrenze (−15)
im Januar . . .	an 0 Tagen	an 0 Tagen
„ Februar . . .	„ 0 „	„ 0 „
„ März	„ 0 „	„ 0 „
„ April	„ 0 „	„ 41 „
„ **Mai** 1905 .	„ 3 „	„ 31 „
„ **Mai** 1907 .	„ 21 „	„ 27 „
„ Juni	„ 0 „	„ 69 „
„ Juli	„ 1 „	„ 5 „
„ August . . .	„ 0 „	„ 5 „



	die mittlere Hochwassergrenze (+99)	Hochwassergrenze (−15)
im September . .	an 1 Tage	an 7 Tagen
„ Oktober . . .	„ 0 „	„ 2 „
„ November . .	„ 0 „	„ 0 „
„ Dezember . .	„ 0 „	„ 0 „

Das Maihochwasser dieses Jahres zeichnet sich vor allen anderen nach jeder Richtung hin aus. 25 Tage, vom 7. bis 31. Mai hatten wir Pegelstände über + 99, während die längste in den letzten elf Jahren beobachtete Hochwasserperiode, in welcher der mittlere Hochwasserstand ($Hm = +99$ cm) überschritten wurde, nur fünf Tage andauerte. Der Pegelstand war 23 Tage über +100 oder nahe an 100 und während sieben Tagen hatten wir über +150. In der Nacht vom 20. zum 21. Mai ist sogar das Wasser kurze Zeit auf +210 gestiegen und hat damit auch den höchsten beobachteten Wasserstand erreicht. Hierbei kommt noch in Betracht, daß das Ansteigen plötzlich erfolgte, nachdem lange Zeit hindurch der Wasserstand ein sehr niedriger war. Der Januar dieses Jahres zeigte am 25. den tiefsten Stand der letzten elf Jahre, der März ein Mittel, welches noch um 30 cm niedriger war als das niederste Mittel unserer Periode und auch der April hatte sehr niedrige Pegelstände.

Erwähnt sei noch, daß das abnorme Grazer Hochwasser dieses Jahres durch das Zusammentreffen dreier Umstände bedingt war: 1. durch die außergewöhnlichen Schneeverhältnisse der Gebiete, aus welchen die Mur ihr Wasser erhält, 2. durch die hohen Maitemperaturen, 3. durch einen im tributären Gebiet niedergegangenen sehr starken Regen.

Übersicht der Schneeverhältnisse.

	Ober-Tauern (Enns-Murgebiet)		Nieder-Alpl (Mürzgebiet)	
Winter	Neuschnee cm	Schneehöhe[1] des liegen gebliebenen Schnees cm	Neuschnee cm	Schneehöhe[1] des liegen gebliebenen Schnees cm
1900/1901	355	162	188	95
1901/1092	566	250	459	160
1902/1903	628	262	400	146
1903/1904	572	226	379	145
1904/1905	801	349	598	254
1905/1906	619	242	633	195
1906/1907	894	365	617	265

[1] Der Wasserwert des Schnees ist nicht bestimmt.

In welcher Weise ist nun durch das Hochwasser die Beschaffenheit des Leitungswassers verändert worden? Daß das Wasser stets klar und zwar vollkommen klar geblieben ist, haben wir schon hervorgehoben. Wie es sich bakteriologisch und chemisch verhalten hat, soll jetzt besprochen werden. Wir schicken voraus, daß die eigenartigen Verhältnisse



es nicht ermöglichen, ein genaues Bild über den Verlauf der großen Hochwasserperiode zu entwerfen. Wir können zwar im Gegensatz zu anderen analogen Berichten nicht bloß über die Beschaffenheit des Leitungswassers, also des Mischwassers aller einzelnen Brunnen berichten; wir sind aber doch nicht in der Lage, Zahlen über das Wasser der einzelnen Bezugsstellen während der ganzen Hochwasserperiode zu bieten, was gerade auch theoretisch großes Interesse bieten würde. Es liegt dies daran, daß die Untersuchungen aus hier nicht zu erörternden Gründen etwas spät einsetzten und daß die einzelnen Brunnen zeitweise wegen ihres zu hohen Gehalts an Mikroorganismen gesperrt waren. Aber auch die von uns gefundenen Zahlen des Keimgehalts der einzelnen Brunnen sind nicht durchweg verwertbar, weil es sich im Laufe der Untersuchungen herausstellte, daß die durch die häufigen Probeentnahmen der Brunnen verursachten Verunreinigungen der Wasseroberfläche eine einwandfreie Probeentnahme sehr erschwerten.

Es war nämlich auffallend, daß die bakteriologischen Untersuchungen des Wassers der einzelnen Brunnen, nachdem das Hochwasser längst vorüber war, keine konstant niederen Werte ergaben. Von Zeit zu Zeit fanden wir bald in dem einen, bald in dem andern Brunnen Zahlen, die ich mir nicht erklären konnte. Weder die Resultate der chemischen Untersuchungen, noch die Zahlen der elektrischen Leitfähigkeit ließen annehmen, daß ein neuerlicher abnormer Einfluß von Seiten der Mur einwirkte. Hiergegen sprach auch der Umstand, daß stets das Wasser des Hauptbrunnens und das der Leitung bakteriologisch untersucht wurde, ohne daß die bei dieser Untersuchung gewonnenen Zahlen eine entsprechende Erhöhung zeigten.

Es mußte also an Versuchsfehler gedacht werden. Da die Untersuchungen von meinen seit Jahren bakteriologisch tätigen Assistenten, Privatdozent Dr. Müller und Dr. Kaiser, zum Teil auch von Privatdozent Dr. Hammerl gemacht wurden, konnte die Ausführung der Untersuchung selbst nicht beschuldigt werden; es blieb nur übrig, an die Probeentnahme zu denken. Auch hier war mit großer Vorsicht vorgegangen worden. Es wurde nämlich die Probeentnahme auch von den Herren selbst, wie folgt, vorgenommen. Starke Reagensgläser wurden mit einem kurzen dicken Glasstab beschwert und mit einem Wattestopfen in der üblichen Weise verschlossen. Am oberen Teil wurde ein in einer Schlinge endender Bindfaden befestigt, der dann noch mehrere Male um das Glas herumgelegt wurde. Glas mit Bindfaden wurden dann derart in dünnes Papier eingewickelt, daß nur die Endschlinge des Bindfadens herausschaute. Die so eingewickelten Röhrchen wurden nun nochmals sterilisiert. Bei der Probeentnahme wurde dann ein an einer Schnur befestigter



Karabiner in die Bindfadenschlinge eingehakt, das Röhrchen aus dem sterilisierten Papier ausgewickelt, der Wattestopfen herausgenommen und nun das Röhrchen in den Brunnen so eingesenkt, daß stets nur das auch an seiner Oberfläche sterilisierte bis zur Entnahme steril aufbewahrte, am sterilisierten Bindfaden aufgehangene Röhrchen in das Brunnenwasser eintauchte.

Sollte das Wasser aus größerer und zwar bestimmter Tiefe entnommen werden, so wurde ein kleiner Apparat benutzt, den ich schon vor einigen Jahren zur bakteriologischen Untersuchung des Wassers eines sehr tiefen Brunnens verwendet hatte. Er bildet die vom Mechaniker der Untersuchungsanstalt angegebene Modifikation eines anderen Apparates[1], der mir vor etwa 20 Jahren zur bakteriologischen Untersuchung des Wassers der Isar und des Starnberger Sees gedient hatte, mit dem ich meines Wissens zum ersten Male die von Flügge empfohlene Wasserentnahme mit luftleer gemachten Kölbchen zum sterilen Auffangen von Wasser in beliebiger Tiefe in Anwendung brachte. Der kleine Apparat besteht aus einem mit Blei beschwerten Blechrohr, in welchem ein in eine Spitze ausgezogenes Reagensrohr eingesetzt und durch einen Deckel mit Bajonettverschluß festgehalten wird. Das Blechrohr hat außen einen beweglichen Ansatz, welcher in eine ebenfalls bewegliche Gabel endigt, so angebracht, daß die ausgezogene Spitze des Glasrohrs zwischen die Gabel zu liegen kommt. Der Apparat wird mit einem Bindfaden an dem gabelförmigen Ansatz in das Wasser eingesenkt und es genügt ein kurzer Ruck an dem Bindfaden, um die Spitze des Glasröhrchens, welches in bekannter Weise evakuiert ist, abzubrechen. Obwohl diese Apparate fertig beschickt, in Papier eingepackt, nochmals sterilisiert und erst direkt vor der Probeentnahme aus dem sterilen Papier entfernt wurden, haben wir doch, wie gesagt, wiederholte Mißerfolge gehabt, die ich nur in folgender Weise erklären kann. Der kleine Apparat muß zweimal die Oberfläche passieren und zwar erstens beim Einsenken, zweitens beim Herausziehen aus dem Wasser. Nun hat es sich bei dem vielfachen Betreten der Brunnen behufs Probeentnahme und Installationsarbeiten nicht vermeiden lassen, daß sich eine an der Oberfläche schwimmende feine Schicht von Verunreinigungen gebildet hat. Eine solche feine Staubhaut bildet sich auch gelegentlich an der Oberfläche von Seen, wenn bei bestimmten Windströmungen die schwimmenden Verunreinigungen nach dem Ufer zu zusammengetrieben werden. Ich habe sie erst in jüngster Zeit wieder beim Schwimmen im Chiemsee zeitweise aufs deutlichste beobachten können. Auf dem Rücken schwimmend oder in der Seitenlage, wenn sich also mein

[1] Prausnitz, *Der Einfluß der Münchener Kanalisation auf die Isar.* München 1889.



Auge in der Höhe der Seeoberfläche befand, konnte ich die Staubhaut aufs deutlichste bemerken, während unter ihr das Wasser so klar war, daß durch einige Meter hindurch jedes Steinchen des Seebodens genauestens erkennbar war. Das zweimalige Passieren dieser schwimmenden Staubhaut bei der Probeentnahme hat also Fehlerquellen bei der bakteriologischen Untersuchung geliefert, wie dies durch besonders ausgeführte Kontrollversuche mit Sicherheit festgestellt wurde. Die Kontrollversuche wurden in großer Zahl gemacht, indem das Wasser zum Teil mit den zuerst erwähnten Senkröhrchen, dann mit dem später beschriebenen Apparat, weiterhin auch aus einer Rinne entnommen wurde, in welcher das von einer Lokomobile in großer Menge dem Brunnen entnommene Wasser abfloß. Da eine einwandfreie Probeentnahme von größter Wichtigkeit ist, habe ich endlich die Leitung unseres Wasserwerks veranlaßt, in den Brunnen eine Vorrichtung anzubringen, welche gestatten soll, das zur Untersuchung nötige Wasser der Tiefe zu entnehmen, ohne daß eine Verunreinigung durch die Oberfläche möglich ist und ohne daß bei jeder Entnahme der Brunnen geöffnet werden muß. Ein Rohr mit einem Lumen von 3 cm ist in den Brunnen so eingesetzt, daß das eine Ende in der Nähe des Beginns des Saugrohrs liegt, während das andere Ende vor der inneren Brunnentür mit einem Gewinde abschließt. An dieses Gewinde läßt sich ein für die Probeentnahme bestimmtes, an den Enden mit Hähnen versehenes, nach unten gebogenes Rohrstück anschrauben, das mit einer Handpumpe in Verbindung gebracht wird. Durch die Pumpe wird nun das Wasser aus dem Brunnen eine bestimmte Zeit lang ausgepumpt; dann werden die Hähne des mittleren Rohrstücks abgedreht und ihm das Wasser zur bakteriologischen Untersuchung aus einem an der tiefsten Stelle der Krümmung des Rohrs angebrachten Hahn entnommen. Das Rohrstück kann durch Erhitzen mit einer Stichflamme sterilisiert werden. Leider hat auch dieses Verfahren das gewünschte Resultat nur kurze Zeit ergeben. Die bei den Kontrollversuchen erhaltenen Zahlen (Tabelle XII) zeigen, daß sich schon nach kurzer Zeit an den Wandungen des Rohrs Wasserbakterien festsetzen und damit die Probeentnahme ungünstig beeinflussen, wie dies ja aus analogen Beobachtungen bei Brunnenuntersuchungen erklärlich ist.

Ich habe es für angezeigt gehalten, auf die Probeentnahme und die bei derselben gelegentlich vorkommenden Störungen hinzuweisen, weil sie mir von großer Bedeutung erscheinen. Nach dem Gesagten besitzen wir leider kein einfaches Verfahren, aus beliebiger Tiefe eines Brunnens in einwandfreier Weise Wasserproben zur bakteriologischen Untersuchung zu entnehmen. Ich betone kein einfaches Verfahren; komplizierte Verfahren anzuwenden wäre ja möglich, wenn man gelegentlich wenige



Tabelle XII.

Brunnen 1				Brunnen 3		
Datum	Apparat	Pumpe	Rinne	Datum	Apparat	Pumpe
22. Juli	3	1	2	30. Juli	7	1
23. „	1	1	1	1. August	2	3
24. „	70	1	2	2. „	7	—
25. „	348	1	5	3. „	1	214
26.[1] „	690	2	0	4. „	2	32
27. „	2555	5	10	5. „	4	63
28. „	378	11	26	6. „	—	—
29. „	1121	36	7	7. „	2	verfl.
30. „	77	342	52	8. „	2	verfl.
31. „	1477	73	6	9. „	2	verfl.
1. August	3126	verfl.	10	10. „	3	217
2. „	31	verfl.	7	11. „	4	245
3. „	94	189	3			
4. „	150	543	4			
5. „	—	verfl.	22			
7. „	1131	verfl.	22			
8. „	∞	54	1			
9. „	2	verfl.	2			
10. „	26	177	1			
11. „	2	164	2			

[1] An diesem Tage wurden ausgedehnte Messungen im Brunnen vorgenommen.

Proben zu entnehmen hat. Ist man jedoch gezwungen jeden Tag mehrere Brunnen, eventuell einige Male, zu untersuchen und will man, was ich für sehr wichtig halte, ein zu häufiges und langdauerndes Betreten der Brunnen und Einsenken komplizierter Apparate verhüten, um die Brunnen nicht zu verunreinigen, so kann man nur einfachere Verfahren anwenden. Unter gewöhnlichen Verhältnissen, wenn keine Gelegenheit vorhanden ist, die Oberfläche des Brunnens zu verschmutzen, wird man mit unserem Apparat genügend sichere Werte erhalten; man wird jedoch andrerseits mit der Deutung gelegentlich erhaltener hoher Zahlen sehr vorsichtig sein müssen.

Die Ergebnisse der chemischen und bakteriologischen Untersuchungen während des diesjährigen Hochwassers.

Die chemischen Untersuchungen erstreckten sich auf Bestimmung des Trockenrückstandes, der „organischen Substanzen“ oder richtiger der durch Kaliumpermanganat oxydierbaren Substanzen und der Chloride

quantitativ, Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure qualitativ. Die Bestimmung des Trockenrückstandes ist von besonderem Wert, um den Einfluß der Mur auf die Brunnen des Wasserwerks zu erkennen. Durch diese Untersuchungen war von Hammerl der Ursprung unseres Leitungswassers aufgeklärt und festgestellt worden, daß es Mischwasser von Grundwasser und Flußwasser ist.

Ebenfalls von ganz vorzüglichem Wert bei Erhebung des Einflusses der Mur auf die Brunnen unseres Wasserwerks ist uns die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit gewesen. Die von Dr. techn. Poda angeregten und in der Untersuchungsanstalt ausgeführten Bestimmungen wurden in der Art gemacht, wie sie vor einigen Jahren wieder von Rupp[1] für die quantitativen Bestimmungen in Nahrungsmitteln empfohlen wurde. Auch wir können bestätigen, daß Reichart[2] recht hatte, als er schon im Jahre 1889 an die nachfolgenden Kohlrauschschen Worte[3] erinnernd die Methode praktisch verwertete: „Die Aufgabe, elektrische Widerstände in Flüssigkeiten zu bestimmen, trifft nicht allein den Physiker: das elektrische Leitungsvermögen einer Substanz gehört zu deren fundamentalen Eigenschaften, und es ist offenbar wünschenswert, daß ähnlich, wie etwa die Dichtigkeit, das Lichtbrechungsvermögen, die spezifische Wärme, so auch die elektrische Leitungsfähigkeit eines Körpers eine leicht meßbare Größe werde", ferner[4] „von den drei Größen, deren Messung hier gefordert wird, nämlich Prozentgehalt, Temperatur und elektrischer Leitungswiderstand dürfte die letztgenannte bei gleichem Aufwand an Sorgfalt die geringsten Fehlerquellen enthalten, so daß man einen Thermometer oder Prozentmesser auf die Widerstandsbestimmung gründen könnte, wenn ein Bedürfnis für diese Meßinstrumente vorläge."

Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit ergänzt tatsächlich die chemische Untersuchung in vorzüglicher Weise und eignet sich auch nach unseren bei dem letzten Hochwasser gewonnenen Erfahrungen ganz besonders für die Kontrolle eines Wassers. L'analyse chimique ne permet pas cette rapidité et cette précision suffisantes, seule la conductibilité électrique est capable de donner rapidement des indications importantes qui facilitent singulièrement la surveillance (F. Dienert).[5]

Wir wollen nun zunächst feststellen, welche Schlüsse wir aus dem Trockenrückstand und der elektrischen Leitfähigkeit ziehen können und

---

[1] *Zeitschrift für Untersuchung von Nahrungs- u. Genußmittel.* 1905. II. S. 37.
[2] *Zeitschrift für analyt. Chemie.* 1889. Bd. XXVIII. S. 1.
[3] Wiedemanns *Annalen der Physik und Chemie.* 1880. Bd. XI. S. 153.
[4] Poggendorffs *Annalen der Physik und Chemie.* 1875. Bd. CLIV. 2.
[5] Des Methodes employées pour surveiller les eaux destinées à l'alimentation. *Annales de l'Institut Pasteur.* 1905. T. XIX.



Tabelle XIII. Trockenrückstand, Milligramm im Liter.

Datum	Mur	Haupt-brunnen	Hygien. Institut	Andritz	Hof-brunnen	Wiesenbrunnen			
						I.	II.	III.	IV.
Mai 11.	113	220	—	—	284	—	150	150	166
16.	112	224	—	—	228	—	165	179	170
18.	108	229	—	356	222	—	172	210	—
20.	123	245	232	340	225	—	176	208	—
21.	121	211	227	345	217	—	178	—	—
22.	122	271	300	345	223	—	194	—	—
23.	127	314	312	336	279	—	234	—	—
24.	111	316	328	332	234	—	233	—	—
25.	104	314	317	331	—	—	222	—	—
26.	114	318	—	337	239	—	217	—	—
27.	112	305	—	315	235	—	214	143	—
28.	112	311	294	318	—	—	209	139	—
29.	124	308	316	319	—	—	218	—	—
30.	110	318	—	310	286	—	232	—	—
31.	127	311	—	316	309	—	254	—	—
Juni 1.	116	316	314	303	277	—	250	—	—
2.	114	317	—	304	327	—	269	—	—
3.	114	332	352	314	356	—	298	—	—
4.	119	325	317	304	332	—	298	—	—
5.	124	330	335	—	334	300	282	—	—
6.	129	339	340	324	340	246	304	—	—
7.	124	333	332	322	316	242	314	—	—
8.	—	354	346	312	—	211	—	—	—
9.	—	351	350	—	312	211	—	—	—
10.	—	381	334	—	—	201	—	—	—
11.	—	370	349	328	329	191	—	—	—
12.	—	371	366	334	346	187	—	—	—
13.	—	358	331	—	350	173	249	—	—
14.	126	360	343	321	320	—	332	147	—
15.	—	358	—	—	319	—	333	219	—
16.	—	350	—	—	317	—	302	367	—
17.	—	—	—	—	—	—	288	340	—
18.	—	—	—	—	—	—	249	326	—
19.	—	—	—	—	—	—	236	316	—
20.	—	—	—	—	—	—	238	312	251
21.	—	—	—	—	—	—	—	310	246
22.	—	—	—	—	—	—	—	291	243
23.	—	—	—	—	—	—	—	286	248
24.	—	—	—	—	—	—	—	293	256
25.	—	—	—	—	—	—	204	230	236
30.	128	316	—	301	331	—	216	271	244
Juli 1.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.	—	—	—	—	—	140	—	—	—
5.	—	—	—	—	—	338	—	—	—
6.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.	139	319	—	332	355	298	200	193	170
8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12.	138	317	308	337	335	256	172	187	—
13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17.	122	397	293	317	305	209	160	170	171

Tabelle XIV.

Elektrische Leitfähigkeit $= x_{18}\ 10^6$ Ohm.

Datum	Mur	Haupt-brunnen	Hygien. Institut	Andritz	Hof-brunnen	Wiesenbrunnen			
						I.	II.	III.	IV.
Mai 11.	139	267	—	—	346	—	191	188	213
16.	133	282	283	—	280	—	212	227	210
18.	138	295	—	463	288	—	227	276	—
20.	141	327	306	460	308	—	240	282	—
21.	136	277	288	460	303	—	239	—	—
22.	146	371	387	453	299	—	254	—	—
23.	149	415	412	451	349	—	306	—	—
24.	149	426	432	449	309	—	304	—	—
25.	138	416	425	445	—	—	286	—	—
26.	133	407	—	442	312	—	273	—	—
27.	133	417	—	435	314	—	274	200	—
28.	128	425	387	433	—	—	283	198	—
29.	129	414	416	432	—	—	277	—	—
30.	138	427	—	428	386	—	309	—	—
31.	141	425	—	417	378	—	326	—	—
Juni 1.	145	437	433	429	378	—	343	—	—
2.	146	439	—	425	433	—	367	—	—
3.	144	433	429	442	445	—	380	—	—
4.	146	443	439	426	441	—	396	—	—
5.	151	413	443	—	414	370	395	—	—
6.	159	439	443	432	437	317	395	—	—
7.	158	451	449	432	417	316	392	—	—
8.	160	461	455	432	417	312	—	—	—
9.	169	461	460	437	406	281	—	—	—
10.	—	484	440	423	447	264	—	—	—
11.	—	485	449	436	412	248	—	—	—
12.	153	480	460	432	425	229	—	—	—
13.	—	458	437	432	433	219	359	—	—
14.	144	461	451	426	406	—	421	197	197
15.	147	469	456	428	411	—	429	295	195
16.	146	450	457	425	409	—	400	465	—
17.	155	425	444	427	427	—	394	453	—
18.	—	433	440	425	419	—	334	429	196
19.	154	422	440	426	428	—	317	419	347
20.	—	415	—	428	434	—	315	410	333
21.	163	436	443	426	426	—	305	399	332
22.	162	—	433	—	—	—	—	387	330
23.	—	431	—	425	433	—	—	380	382
24.	154	438	—	425	442	—	290	387	338
25.	143	436	432	425	432	—	277	353	322

Tabelle XIV. (Fortsetzung.)

Datum	Mur	Hauptbrunnen	Hygien. Institut	Andritz	Hofbrunnen	Wiesenbrunnen I.	II.	III.	IV.
Juni 26.	—	430	—	426	430	—	290	374	323
27.	—	—	—	—	—	—	288	357	325
28.	—	—	—	—	—	—	293	367	328
29.	—	424	437	425	433	—	283	379	330
30.	165	425	421	425	443	—	297	369	331
Juli 1.	—	425	—	425	445	—	305	372	336
2.	—	420	—	423	438	—	261	308	326
3.	—	421	—	425	445	—	246	292	337
4.	—	—	—	—	—	224	—	—	—
5.	177	—	—	—	—	434	—	—	—
6.	182	—	—	—	—	403	—	—	—
7.	—	—	421	—	—	—	—	—	—
8.	—	422	421	437	454	356	257	258	220
9.	176	407	418	444	—	360	257	257	219
10.	—	—	—	—	—	328	—	—	—
11.	—	—	—	—	—	333	—	—	—
12.	171	420	419	444	425	336	248	247	224
13.	—	—	—	—	—	346	—	—	—
14.	—	—	—	—	—	356	—	—	—
15.	175	415	387	452	419	315	245	241	223
18.	178	412	—	444	405	318	244	242	244

verweisen auf die Tabellen XIII und XIV und die Kurventafel, auf welcher die zahlreichen Werte übersichtlich zusammengestellt sind.

Auf der Kurventafel ist die Leitfähigkeit

vom Wasser der Mur,
des Hauptbrunnens,
vom Leitungswasser (entnommen im hygienischen Institut),
vom Mischwasser des neuen Andritzer Werks und
von den einzelnen Schöpfstellen des älteren Werks (Hof- 1, 2, 3, 4 Wiesenbrunnen), ferner
der Trockenrückstand des Wasser der vier Wiesenbrunnen

aufgetragen; die Kurven der übrigen Trockenrückstände einzuzeichnen wurde unterlassen, um die Übersicht der Tabelle nicht zu gefährden. Die Kurven der elektrischen Leitfähigkeit und des Trockenrückstands der vier Wiesenbrunnen sind in gleichen Farben eingetragen, die Trockenrückstandskurven sind gestrichelt, so daß man in bequemer Weise die zusammengehörigen Kurven an den Farben erkennen kann. Wir sehen hier, was ja ohne weiteres verständlich ist, und was das von uns über

die Verwendbarkeit der Leitfähigkeit Gesagte bestätigt, daß Trockenrückstand und Leitfähigkeit parallel laufen und die Bestimmung des einen die der andern sehr gut ergänzt. Es braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden, daß der Umstand, daß die elektrische Leitfähigkeit häufiger bestimmt wurde als die Trockensubstanz, und daß wir deshalb von ersterer mehr Zahlen haben als von letzterer, in beiden Kurven kleinere Differenzen entstehen lassen muß.

Die ganze Kurventafel bietet nun einen trefflichen Überblick über den Verlauf der Einwirkung des Murhochwassers auf die Brunnen unseres Wasserwerks. Die Grundlage bildet gewissermaßen die Murkurve, die im ganzen nur wenig schwankt; starke Regengüsse und damit Verdünnung des Murwassers durch Oberflächenwasser lassen die Kurve fallen, die im übrigen bei allmählich sinkendem Pegelstand eine stetig ansteigende Linie darstellt.

Bildet die Murkurve gewissermaßen die untere horizontale Begrenzung unseres Kurvenbildes, so wird die obere von der Kurve des Andritzer Wassers gebildet, welche fast genau horizontal verläuft und damit beweist, daß dieses Wasser, welches in etwa 100 m von der Mur entfernten Brunnen entnommen wird, ein einer direkten Beeinflussung durch die Mur nicht ausgesetztes Grundwasser ist. Ich betone, einer direkten Beeinflussung. Es ist nämlich nicht ausgeschlossen, ja sogar wahrscheinlich, daß dem Andritzer Grundwasser Murwasser etwa 1 km oberhalb zuströmt, wo der Fluß durch ein Wehr gestaut ist (Göstinger Wehr). Wir haben wahrscheinlich an dieser Stelle ein Abströmen des Flußwassers in den Boden des anliegenden Ufers, ein Verhalten, das ja an vielen Orten zur Beobachtung gelangt ist. Daß dem so ist, kann deshalb angenommen werden, weil das Andritzer Grundwasser weniger hart ist, als das dem oberen Teil zuströmende Grundwasser, dessen Härte durch Zahlen repräsentiert wird, die das Grundwasser der Brunnen in der Körösistr. zeigt, auf welche wir noch später zurückkommen werden.

Wenn die angegebenen Zahlen gelegentlich kleine nicht ohne weiteres erklärliche Abweichungen zeigen, so ist u. a. folgendes zu berücksichtigen. Das Wasser, welches dem Hauptbrunnen und der Leitung (hygienisches Institut) entnommen wurde, zeigt nicht stets gleiche Werte, weil der größere Teil des aus dem Haupt- also dem Sammelbrunnen entnommenen Wassers direkt dem Versorgungsnetz zuströmt und nur der nicht sofort zur Verwendung gelangende Teil den an das Versorgungsnetz angeschlossenen Hochreservoiren zufließt. Nun ist bei geringerem Verbrauch während eines Teils der Tages- bzw. Nachtstunden das Andritzer Werk nicht in Betrieb, weshalb dann die Mischung des Wassers eine andere ist als während der übrigen Zeit. Da auch während eines Teils der Nacht die



Pumpen ganz außer Tätigkeit stehen, so umspült während dieser Zeit das Grundwasser die Brunnen, bis sich die Depressionskurve mehr oder minder vollständig ausgeglichen hat. Beim Beginn des Pumpens — also am frühen Morgen — wird deshalb ein anderes, weniger Murwasser enthaltendes Mischwasser den Brunnen zuströmen und ihnen entnommen werden, als am Ende des Pumpens, was wir auch wiederholt feststellen konnten, wenn Proben früh und abends entnommen wurden. Da nun auch die Proben nicht stets zur gleichen Stunde entnommen werden konnten, sind die beobachteten Schwankungen leicht verständlich.

Wenn wir nun die Zahlen bei Beginn des Hochwassers, soweit die Untersuchungen vorhanden sind, betrachten, so finden wir, daß wir zu dieser Zeit ein Mischwasser hatten, dem Flußwasser in großer Menge beigemengt war. Die Situation änderte sich mit einem Schlage, als einerseits das Andritzer Werk zur Versorgung herangezogen und andererseits die durch das Hochwasser beeinflußten Brunnen des alten Werks gesperrt wurden. Die elektrische Leitfähigkeit stieg von 267 auf über 400, der Trockenrückstand von 220 auf über 300 ^{mg}; so ist es auch bis Mitte Juli im wesentlichen geblieben.

Bei Betrachtung der Kurven der einzelnen Wiesenbrunnen fällt vor allem auf, daß 1, 3 und 4 sofort bei Beginn ihrer Wiederbenutzung nach längerer Pause ein enorm starkes Ansteigen der Trockensubstanz- und Leitfähigkeitskurven aufweisen und daß die Kurven dann ziemlich rasch wieder abfallen. Daß diese Erscheinung beim Wiesenbrunnen 2 nicht so deutlich zu beobachten ist, liegt daran, daß dieser Brunnen nur kurze Zeit gesperrt war.

Wie ist dieses Verhalten zu erklären? Die Brunnen wurden zu einer Zeit geschlossen, als ihre Beeinflussung durch die Mur eine hochgradige war, weshalb sie ein Wasser mit niedriger elektrischer Leitfähigkeit und mit geringem Gehalt an Trockenrückstand lieferten. Nach der Sperrung der Brunnen blieb das Wasser innerhalb der absolut dichten Wandungen stehen, da ja nur an der Sohle Wasser hinzutreten kann, wenn sie durch das Ansaugen der Pumpen entleert werden. Es mußte also beim Beginn des Pumpens zunächst noch das alte Wasser in ihnen enthalten sein, wie dies ja aus den Untersuchungen mit Sicherheit hervorgeht und aus der Kurventafel besonders schön zu erkennen ist. Während der Sperrung der Brunnen waren sie von dem der Mur zuströmenden Grundwasser umspült worden, so daß sich jedenfalls schon nach kurzer Zeit die Brunnen etwa in demselben Zustande befanden wie etwa mit Wasser gefüllte oben und unten offene Glasröhren, welche man in Gefäße eingesetzt hat, die irgend eine Salzlösung enthalten. Wie hier nur ganz allmählich durch Diffusion an der unteren Öffnung eine Änderung des Inhalts der Glasröhren statt-



finden kann, so hat sich auch die Zusammensetzung des in den dichten Brunnenwandungen eingeschlossenen Wassers nur wenig geändert. Nun wurden nach mehr oder minder langer Pause die Brunnen wieder gepumpt; die Pumpen sogen selbstverständlich das Wasser an, welches sich in der Umgebung des Brunnens befand, also das dem Flusse zuströmende Grundwasser, und erst allmählich, weil die Saugkraft der Pumpen eine so starke ist, daß der Depressionskegel bis in die Mur reicht, wurde wieder außer dem der Mur zuströmenden Grundwasser auch noch Murwasser selbst angesogen. Die Untersuchungen haben also die zuerst in der Hammerlschen Arbeit angegebene Auffassung von der Abstammung unseres Leitungswassers von neuem bestätigt und nebenbei auch das vom hygienischen Standpunkte sehr wichtige Resultat ergeben, daß die Wandungen der Brunnen dicht sind und daß sich in ihnen das durch die Pumpen entnommene Wasser nur durch Zuströmen an der Brunnensohle ergänzt.

Bei Besprechung des Resultats der bakteriologischen Untersuchungen wollen wir zunächst wieder die einzelnen Komponenten in Betracht ziehen, aus denen sich unser Leitungswasser mischt. Das Grundwasser von Andritz hat sowohl in früherer Zeit als auch beim jetzigen Hochwasser stets sehr gute Zahlen gegeben; das Wasser ist steril; die vereinzelt gefundenen Keime können nur als zufällige Verunreinigungen aufgefaßt werden.

Der Bakteriengehalt der Brunnen des alten Werks ist in normalen Zeiten ein sehr niedriger, weil das Grundwasser nur aus tiefen, gut filtrierenden Bodenschichten entnommen wird und auch das zuströmende Murwasser von seinen Keimen befreit in die Brunnen eintritt, wenn der Murwasserstand eine gewisse Höhe nicht überschreitet. Diese Höhe genau anzugeben, wäre von großer praktischer Bedeutung, ist aber wegen ungenügenden Materials nicht möglich. Die in Graz bei immerhin relativ häufigen Untersuchungen gefundenen Zahlen und ihr Vergleich mit den Resultaten, die ähnliche Wasserversorgungen anderer Städte ergeben haben, waren die Veranlassung, daß die Untersuchungen nicht häufiger ausgeführt wurden; sie werden jedoch nach den Erfahrungen des Maihochwassers nunmehr in ausgedehntestem Maße durchgeführt. Sehen wir zunächst von den beim jetzigen Hochwasser gefundenen Zahlen ab, so wurden auch bei hohen Wasserständen im Hauptbrunnen, bzw. im Leitungsnetz — also im Mischwasser — nur einmal 350 Keime (11. III. 1896), ein anderes Mal 150 bis 160 bzw. 228 Keime gefunden. Von diesen höchsten Zahlen ist sogar die zuerst aufgeführte auf vorausgegangene Revisionen und Reparaturen in der Anlage zurückgeführt worden.[1]

[1] Vgl. Hammerl, a. a. O. *Archiv für Hygiene.* S. 281.



Wie hoch sind überhaupt die Zahlen, die von anderer Seite bei Wasserversorgungen mit „natürlicher Filtration“ noch als zulässig zu bezeichnen sind? Am eingehendsten ist die Frage von Kruse erörtert, aus dessen Angaben hier folgendes wiedergegeben sei:

Kruse erklärt den Effekt[1] der natürlichen Filtration des Barmer Wasserwerks, welches so gut wie ausschließlich natürlich filtriertes Ruhrwasser liefert und das bei normalem Wasserstande meist weit unter 100 bzw. diese Ziffer nur wenig überschreitende Keimzahlen liefert, als einen zufriedenstellenden und bezeichnet dieses Wasser als tadellos.

Die bakteriologische Beschaffenheit des Bonner Leitungswassers bezeichnet Kruse auch bei Hochwasser[2] als gute und führt folgende Zahlen an: 20. bis 25. Januar 300, 60, 110, 85, 250, 100, vom 16. bis 21. Februar 20, 18, 60, 65, 65, 150 Keime.

Als „günstige Resultate“ bezeichnet Kruse[3] noch die auf seine Veranlassung bei Hochwässern in Elberfeld (Brunnen 13 bis 30 ^{m} vom Rhein entfernt) bestimmten Keimzahlen 21. bis 30. I. 20, 20, 120, 200, 150 und die ebenfalls auf seine Aufforderung in Düsseldorf (Brunnen der ersten und zweiten Pumpstation 16 ^{m} vom Rhein entfernt, der dritten 85 bis 250 ^{m}) gemachten Untersuchungen 21. bis 26. I. mit 12, 20, 73, 83, 97, 45 Keimen.

In einer Arbeit von Bärenfänger[4] „Ist ein Einfluß des Rheins auf die Brunnen der Wasserwerke der Stadt Köln zu konstatieren?“ wird über die Brunnen der beiden Werke Altenburg und Severin berichtet. Die Brunnen von Severin liegen vom Rhein weit entfernt und kommen nicht in Betracht. Die Altenburger Brunnen sind 70 bis 80 ^{m}, der zur Wasserentnahme nicht verwendete sogenannte „Rheinbrunnen“ 44 ^{m} entfernt. Der Bakteriengehalt der einzelnen Brunnen ist zumeist sehr niedrig und übersteigt nur selten die Zahl 100; es kommen aber auch einige Hundert Bakterien vor. Die höheren Keimzahlen führt Bärenfänger nicht auf die Nähe des Rheins zurück, sondern darauf, daß beim Abpumpen des Brunnens keimhaltige Luft nachströmt. Mir erscheint dies unwahrscheinlich. Neuerdings soll der Keimgehalt noch weiter zurükgegangen sein, weil der Brunnen mit Beton abgedeckt und mit einem mit mehreren Sieben versehenen Kupferrohr als Entlüftungsschaft versehen ist. Bärenfänger vertritt die Ansicht, daß auch die Keimzahl des Wassers des nicht regelmäßig gepumpten Rheinbrunnens nicht derartig hoch ist, daß

[1] A. a. O. S. 119.
[2] A. a. O. S. 128.
[3] A. a. O. S. 129.
[4] *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung.* XLVIII. Jahrg. 1905. S. 28.



Tabelle XV.

In 1 ccm waren Keime enthalten:

Datum	Haupt-brunnen	Hygien. Institut	Mur	Andritz	Hof-brunnen	Wiesenbrunnen			
						I.	II.	III.	IV.
Mai 11.	550	—	3800	—	19	—	137	258	736
13.	—	260	—	—	—	—	—	—	—
14.	325	141	1950	—	18	—	45	875	8500
15.	371	—	—	—	16	—	47	840	—
16.	185	121	2500	—	5	—	13	—	—
17.	—	97	—	—	—	—	—	—	—
18.	45	75	—	1	—	—	—	—	—
19.	80	81	2560	1	3	—	1071	8001	—
20.	44	30	3288	1	11	—	2008	1042	—
21.	54	56	3528	2	2520	—	16	—	—
22.	15	35	1890	1	13	—	—	—	—
23.	10	32	1232	0	—	—	—	—	—
24.	7	24	1904	1	—	—	6	—	—
25.	45	8	—	0	—	—	33	—	—
26.	300	4	3000	0	106	—	50	—	—
27.	10	3	5796	—	—	—	60	—	—
28.	6	12	2876	0	—	—	283	—	—
29.	5	4	2205	0	—	—	—	—	—
30.	21	1	2142	0	7	—	—	—	—
31.	8	6	2800	0	25	—	—	—	—
Juni 1.	1	1	386	—	20	—	—	—	—
2.	3	1	3808	1	6	—	—	—	—
3.	0	1	392	1	4	—	—	—	—
4.	1	2	1007	—	13	—	—	—	—
5.	1	1	792	2	1	—	14	—	—
6.	5	2	2214	1	2	—	—	—	—
7.	2	1	763	0	11	—	—	—	—
8.	1	2	1234	0	7	—	—	—	—
9.	1	3	961	0	0	—	—	—	—
10.	1	0	—	1	1	—	—	—	—
11.	1	1	—	1	13	—	—	—	—
12.	3	1	—	0	1	—	—	—	—
13.	3	6	—	1	47	—	—	—	—
14.	1	15	—	0	0	—	—	—	—
15.	1	13	—	0	51	—	—	123	—
16.	0	10	—	0	400	—	—	170	—
17.	2	41	—	0	2	—	337	52	—
18.	131	2	—	1	67	—	141	21	—
19.	13	3	—	0	55	—	3	9	—
20.	1	2	2646	0	37	—	3	6	18

Tabelle XV. (Fortsetzung.)

Datum	Hauptbrunnen	Hygien. Institut	Mur	Andritz	Hofbrunnen	Wiesenbrunnen			
						I.	II.	III.	IV.
Juni 21.	2	3	—	1	3	—	6	3	2515
22.	2	26	—	1	8	—	1	127	728
23.	1	2	—	1	2	—	380	58	32
24.	3	2	—	0	11	—	253	22	777
25.	2	1	—	1	212	—	150	155	602
26.	0	1	—	0	6	—	34	14	5
27.	1	1	—	1	17	—	1	6	12
28.	1	4	—	0	1695	—	43	1	7
29.	1	1	513	0	2	—	10	354	2
30.	2	2	600	1	162	—	79	2	5
Juli 1.	2	2	—	0	1	—	3	3	8
2.	1	2	—	0	2	—	13	2	9
3.	3	—	—	3	134	—	5	19	38
4.	1	3	—	1	90	—	—	341	—
5.	2	1	—	1	18	12	197	—	—
6.	2	5	1416	0	517	18	—	547	639
7.	0	8	4332	0	39	4	36	130	13
8.	0	1	—	1	64	6	95	105	116
9.	1	3	5700	0	46	10	156	450	676
10.	1	3	—	1	4	8	39	114	45
11.	1	3	1896	0	107	3	36	126	21
12.	1	3	1614	1	469	5	44	127	61
13.	1	4	1516	0	71	8	34	102	81
14.	0	2	1260	1	33	3	37	139	42
15.	1	3	5502	0	1	3	21	169	262

sie zu Bedenken Anlaß geben könnte, falls sein Wasser zum Trinken benutzt würde. Die Zahlen gehen bis nahe an 400; sie übersteigen relativ häufig 100.

Es ist bedauerlich, daß in der Literatur genauere Angaben, abgesehen von den Dresdener und Würzburger Untersuchungen, nicht vorhanden, bzw. mir zugänglich waren. Bei der Häufigkeit von Untersuchungen von Wasserwerken mit natürlicher Filtration, welche Hochwässern ausgesetzt sind und von diesen zum Teil sehr stark beeinflußt werden, wären eingehendere Publikationen sehr erwünscht. Nach unseren neuerdings gemachten Erfahrungen dürfte manches Wasserwerk bei Hochwässern gewiß ähnliche Zustände bieten, wie diejenigen, welche wir im Mai d. J. konstatieren konnten, auf die wir nunmehr etwas näher eingehen wollen. Das Mischwasser (Hauptbrunnen und Leitungswasser) hatte Zahlen (s. Tabelle XV), welche die sonst gefundenen Maximalzahlen nicht unerheblich überstiegen. Ob in den vorausgegangenen Tagen, also bei Beginn des Hochwassers, vielleicht noch höhere

Zahlen gefunden worden wären, läßt sich nachträglich nicht mehr feststellen. Besonders auffallend ist die hohe Zahl, welche der vierte Wiesenbrunnen zu einer Zeit lieferte, als die übrigen Brunnen noch erheblich weniger Keime zeigten. Schon am 14. Mai hatte der vierte Wiesenbrunnen, obwohl er der am weitesten von der Mur entfernte W. Br. ist. (34·5 ^{m}), bedeutend mehr Keime als der dritte, ja sogar der zweite, dessen Entfernung von der Mur nur 18·7 ^{m} beträgt; der Brunnen wurde deshalb, nach Bekanntwerden des Ergebnisses, gesperrt. Fünf Tage später war auch schon die Keimzahl im dritten relativ sehr hoch, im zweiten hoch angestiegen. So mußten nacheinander auch diese Brunnen geschlossen werden, und wurden damit der regelmäßigen Untersuchung entzogen.

Die Behörden sind bei uns wegen der vorausgegangenen Erkrankungen ganz erheblich schärfer vorgegangen, als dies sonst der Fall ist. Die Brunnen wurden gesperrt, sobald durch die bakteriologischen Untersuchungen (Zählung der Kolonien nach 48 Stunden) der Nachweis geführt war, daß die „natürliche Filtration“ des Bodens nicht mehr ausgereicht hatte. Es ist deshalb auch vorgekommen, daß die Sperrung eines Brunnens erfolgte, obwohl das Filter, wie aber erst durch die in den darauffolgenden Tagen erhaltenen Resultate festgestellt wurde, wieder besser funktionierte.

Nach den vorhandenen Untersuchungen ist es nun jedenfalls sehr auffallend, daß der Keimgehalt der einzelnen Brunnen nicht der Nähe der Mur entsprechend, sondern im Gegenteil gerade umgekehrt anstieg; zuerst wurde 4, dann 3, schließlich 2 befallen. Wiesenbrunnen 1 war, einer schon früher getroffenen Bestimmung gemäß, bei einem Wasserstand von +50 außer Benutzung gesetzt worden.

Die Erklärung für den zeitlichen Verlauf der Infektion der Brunnen scheint mir in dem Umstande zu liegen, daß der vierte Wiesenbrunnen zwar von der Mur relativ weit entfernt, aber der Uferstelle am nächsten liegt, welche durch das Hochwasser ziemlich stark beschädigt wurde. Das linke Murufer macht nämlich etwa 100 ^{m} oberhalb des Wasserwerkterrains einen konvexen Bogen und war dort am stärksten dem Anprall des Hochwassers ausgesetzt. Die Folge davon war eine nicht unbedeutende Zerstörung des Ufers. Hiermit war die Möglichkeit geboten, daß die Wassermassen, ohne den gewöhnlichen Widerstand zu finden, unter dem damals vorhandenen überaus starken Druck in das Uferterrain hereinbrachen und dem Brunnen zugedrängt wurden. In den an Poren reichen trockenen Bodenschichten fanden sie nicht den nötigen Widerstand und konnten so zu den Brunnen gelangen, ohne daß eine genügende Filterwirkung eingetreten wäre, obwohl die Strecke, die sie zurückzulegen hatten, eine ziemlich große war.[1]

[1] Anmerkung bei der Korrektur: Es sind inzwischen durch das Stadtphysikat zahlreiche Grabungen auf dem Terrain des Wasserwerkes veranlaßt



Ich will hier nicht auf die Frage näher eingehen, die seiner Zeit bei den Dresdener Hochwässern so eingehend diskutiert wurde, ob nämlich die in den Brunnen gefundenen Mikroorganismen aus den höheren Bodenschichten stammten und von der Mur mitgerissen wurden, oder ob sie ausschließlich als Murkeime aufzufassen sind. Gegen die letztere Annahme scheint der Umstand zu sprechen, daß in den Brunnen höhere Keimzahlen gefunden wurden als in der Mur selbst. Es ist aber da zu berücksichtigen, daß das Murwasser, welches oberhalb der Brunnen in das Ufer hereindrückte, ein anderes ist, als das später in den Brunnen untersuchte und es ist sehr wohl denkbar, daß gerade die erste Wasserwelle, welche durch das beschädigte Ufer zu den Brunnen getragen wurde, einen erheblich höheren Keimgehalt hatte. Ich halte es für das Wahrscheinlichste, daß die in den Brunnen gefundenen Keime zum Teil „Murkeime“, zum Teil „Bodenkeime“ waren; die ersteren wurden mit dem Murwasser, die letzteren durch das Murwasser, von den Bodenpartikelchen losgelöst, den Brunnen zugeführt.

Leider sind wegen der notwendigen Sperrung der Brunnen unsere Untersuchungen zu unvollständig, um über die Vorgänge eine genaue Auskunft zu geben. Es wäre besonders interessant gewesen, wenn man hätte verfolgen können, wie die zweite bedeutend stärkere Hochwasserperiode (20. Mai) wirkte. Man hätte, wenn es möglich gewesen wäre, alle Brunnen fortdauernd zu untersuchen, auch entscheiden können, ob die in dem am weitesten stromabwärts gelegenen von der Mur relativ weit entfernten Hofbrunnen am 21. Mai gefundene hohe Keimzahl nur als Fortsetzung der durch die erste Hochwasserperiode erzeugten unterirdischen „Welle“

---

worden, welche für die Beurteilung unserer Frage wichtige Resultate ergeben haben. Zunächst wurde festgestellt, daß, wie übrigens schon erwähnt, in früheren Jahrzehnten auf einem Teil des Terrains aus den oberflächlichen Bodenschichten der Sand entfernt wurde. Die dadurch entstandenen Gruben wurden zum Teil mit dem restierenden Schotter, zum Teil sogar mit Müll ausgefüllt. Diese Grabungen reichen gewöhnlich ca. 2 m unter die Oberfläche.

Viel wichtiger ist folgendes Ergebnis: Längs des Ufers vor dem Wasserwerksterrain ist ein alter Uferschutzbau vorgefunden worden, welcher bis etwa 120 m oberhalb des 4. Wiesenbrunnens reicht und das Ufer vor Verletzungen schützt; dort, wo dieser Schutzbau aufhörte, ist nun das Murwasser, entsprechend meiner oben besprochenen Annahme, eingedrungen und hat, wie aus den Grabungen geschlossen werden kann, seinen Weg längs der Baugrube des Hauptrohres genommen, welches das Andritzer Wasser zu den Brunnen des älteren Werks fließen läßt und zwischen der Mur und den Wiesenbrunnen gelegt ist.

Durch den abnorm hohen und lang andauernden Wasserstand der Mur war ihr Wasser, nach Zerstörung des Ufers, in lockere Bodenschichten gedrungen und dann längs der ehemaligen Baugrube des Rohrs zu den Brunnen weiter geflossen.



oder als Folge der zweiten Periode aufzufassen ist. Wegen der geringen Zahl der Untersuchungen ist übrigens auch die Möglichkeit nicht auszuschließen, daß die hohe Zahl vom 21. Mai (2520 Keime) durch einen der früher besprochenen Zufälle bei der Probeentnahme bedingt war. Hierfür spricht, daß an den vorausgegangenen und nachfolgenden Tagen niedrige Werte gefunden wurden, und daß mehrere Wochen später, als der Einfluß des Hochwassers längst überwunden war, wir einmal (28. Juni) im Hofbrunnen 1700 Keime fanden, während die bei den gleichzeitigen Untersuchungen des Wassers des Hauptbrunnens und der Leitung gefundenen niedrigen Zahlen mit Sicherheit annehmen ließen, daß es sich hier nur um einen bei derartigen biologischen Untersuchungen nie ganz zu vermeidenden Versuchsfehler handeln kann.

Nimmt man jedoch an, daß die am 21. Mai im Hofbrunnen vorhandene Bakterienmenge dem Einfluß des Hochwassers zuzuschreiben ist, so dürfte hier ein ähnlicher Fall vorliegen, wie ihn Kruse[1] schon einmal beobachtet hat.

Er fand bei einem plötzlichen Ansteigen der Ruhr eine starke Vermehrung der Keime der Brunnen des Barmener Werks, dem bald darauf ein Absinken folgte. Erst später, einige Tage darauf, stieg die Keimzahl zugleich mit dem Steigen des Wasserstands in den Brunnen ganz erheblich. Kruse[1] erklärt die erste „primäre Keimvermehrung“ mit direktem Zutritt von Keimen aus der Ruhr, während er die spätere „sekundäre Keimvermehrung“ einer unterirdischen Wasserwelle zuschreibt, welche „irgendwo oberhalb des Wasserwerks“ in den Untergrund eingedrungen ist.

Wir haben früher berichtet, daß die oberen Schichten des Wasserwerkterrains in früheren Zeiten, wenn auch nur an einzelnen Stellen zur Sandgewinnung benutzt wurden, ferner daß die weitere Umgebung der Wasserwerksbrunnen dadurch gelitten hat, daß das Terrain mehr und mehr eingebaut wurde, ohne rechtzeitig kanalisiert zu werden. Es ist deshalb auch die Vermutung ausgesprochen worden, daß das Anwachsen der Keime während des diesjährigen Maihochwassers darauf zurückzuführen ist, daß das Hochwasser das nach der Mur zuströmende Grundwasser aufstaute, daß dieses dann in höhere durch die angegebenen Umstände besonders verunreinigte Bodenschichten gelangte und von dort aus, mit kleineren reich beladen, nach den Brunnen des Wasserwerks angesogen wurde. Die Frage hat auch deshalb Bedeutung, weil man den direkten Einfluß der Mur auf die Brunnen viel niedriger einschätzen müßte, wenn diese Annahme richtig wäre. Um sie zu entscheiden, müssen wir zunächst

[1] A. a. O. S. 123.



Tabelle XVI.

Chlor, Milligramm im Liter.

Datum	Haupt-brunn.	Hof-brunn.	Institut	Mur	Wiesenbrunnen				Andritz
					I.	II.	III.	IV.	
11. Mai	3·9	6·1	—	1·1	—	1·9	2·0	2·2	—
16. „	4·9	4·6	4·9	1·0	—	2·6	3·0	2·3	—
18. „	4·4	3·9	—	0·8	—	2·6	3·5	—	5·5
20. „	7·1	5·0	4·9	0·7	—	3·5	4·3	—	5·8
21. „	4·5	3·9	4·6	0·5	—	3·3	—	—	5·8
22. „	4·9	5·9	5·0	0·9	—	3·2	—	—	6·1
23. „	5·9	6·1	6·0	0·1	—	4·8	—	—	6·2
24. „	6·2	5·8	5·6	0·9	—	4·8	—	—	6·2
25. „	6·1	—	5·1	—	—	4·8	—	—	5·7
26. „	5·1	5·0	—	0·7	—	4·0	—	—	5·6
27. „	6·4	5·0	—	1·2	—	4·3	3·3	—	6·0
28. „	6·2	—	5·9	0·8	—	4·7	3·4	—	6·1
4. Juni	8·1	10·0	—	1·4	—	8·3	—	—	6·5
5. „	8·9	8·5	—	1·4	7·8	7·6	—	—	—
30. „	7·3	7·5	—	0·5	—	5·9	9·3	5·0	5·2
4. Juli	—	—	—	—	4·5	—	—	—	—
5. „	—	—	—	—	9·8	—	—	—	—
7. „	5·1	7·8	—	0·8	4·8	4·3	3·6	1·7	5·0
12. „	6·4	7·0	6·3	1·3	5·4	3·5	4·9	2·1	5·2
17. „	5·8	6·8	5·7	0·4	4·2	3·4	3·5	2·4	10·1
22. „	6·5	6·55	5·8	1·1	4·9	3·4	gesp.	1·7	5·6
27. „	6·2	gesperrt	6·15	1·65	4·8	gesp.	3·8	gesp.	5·3
1. August	6·0	„	6·0	2·3	4·5	„	6·6	2·9	5·5
6. u. 7. „	6·4	6·95	6·35	5·25	6·1	3·9	6·2	3·0	5·85
12. „	5·85	7·0	5·75	1·45	4·75	2·75	3·5	2·8	5·0
17. „	6·3	6·55	6·1	2·45	4·7	3·45	3·8	3·05	5·4
22. „	—	—	—	—	—	—	—	—	—

das durch die Untersuchungen gewonnene Material berücksichtigen und wir finden, daß Trockenrückstand und elektrische Leitfähigkeit des Wassers des vierten Wiesenbrunnens dem der Mur näher stehen als das der ersten bis dritten Wiesenbrunnen, obwohl deren Entfernung eine geringere ist; das gleiche Verhalten zeigten die Chloride, s. Tabelle XVI.

Schließlich können wir auch den Vergleich der Stärke der Salpetersäurereaktion zur Beantwortung unserer Frage berühren. Wir haben nämlich gefunden, daß die Reaktion auf N_2O_5 in der Mur gewöhnlich sehr schwach ist und daß sie allmählich, wenn das Murwasser den Brunnen zuströmt, immer stärker wird; vergleichen wir jedoch die Protokolle der zahlreichen chemischen Untersuchungen des Wassers der einzelnen Brunnen,



Tabelle XVII.

Tag der Probe-entnahme	Straße	Nr.	Trocken-rückstand	Chlor	Organische Substanzen	Salpeter-säure	Salpetrige Säure	Ammoniak	Elektrische Leitfähigkeit
22. V.	Wassergasse	8	—	—	—	—	—	—	845
8. VIII.	„		390	36	0·93	negativ	0	Spur?	—
14. „	„		367	36	1·57	schwach	0	0	504
22. V.	„	12	—	—	—	—	—	—	845
8. VIII.	„		416	34	2·6	sehr schwach	0	0	—
14. „	„		359	31	0·74	schwach	0	0	504
22. V.	„	16	—	—	—	—	—	—	675
8. VIII.	„		394	33·4	1·23	negativ	0	0	—
14. „	„		363	32·4	0·92	schwach	0	0	498
22. V.	„	18	—	—	—	—	—	—	1097
10. VIII.	„		374	31·7	1·03	schwach	0	0	—
14. „	„		356	30·8	—	„	0	0	486
6. „	Steggasse	2	218	8·3	1·26	negativ	0	Spur?	—
10. „	„		203	7·5	0·97	schwach	Spur	0	281
6. „	„	3	428	37	1·15	stark	0	0	515
17. „	„		345	34	0·52	schwach	0	0	—
5. „	„	4	388	32	1·15	„	0	0	492
17. „	„		343	29	1·09	„	0	0	—
6. „	„	6	377	34·7	1·11	sehr schwach	0	Spur?	492
17. „	„		344	32·8	2·34	schwach	0	0	—
5. „	„	8	431	38	1·26	„	0	0	—
17. „	„		375	33·8	1·2	„	0	0	—
8. „	Fischergasse	3	304	12·5	1·09	„	0	Spur?	394
8. „	„	5	328	11·5	2·3	„	0	„	378
8. „	„	9	334	9·6	1·25	„	0	0	431
6. „	„	15	360	13·5	0·80	„	0	0	422
6. „	„	19	382	12·8	0·86	„	0	Spur?	422
8. „	„	23	336	14·4	2·9	sehr schwach	0	0	—
8. „	Schwimmschulkai	102	313	10·1	0·80	0	0	0	486
10. „	„		373	25·3	1·16	schwach	Spur	0	—
17. „	Körösistraße	114	429	16·0	3·0	stark	0	0	—
17. „	„	109	179	6·4	0·77	schwach	0	0	—
17. „	„	120	408	22·0	1·14	stark	0	0	—
17. „	„	122	337	16·6	0·66	sehr schwach	0	0	—
17. „	„	126	193	6·4	1·35	schwach	0	0	—
8. „	Wolf	—	341	9·2	1·8	—	—	—	—

so fällt es auf, daß auch in der Reaktion auf N_2O_5 das Wasser des vierten Wiesenbrunnens dem der Mur sehr nahe steht.[1] Es spricht dies dafür, daß das Murwasser nach Verletzung der oberhalb des vierten Wiesenbrunnens gelegenen Uferwandung rascher zum Brunnen gelangen konnte und dabei weniger Zeit hatte, die stickstoffhaltigen Substanzen in Salpetersäure umzuwandeln, als dies bei den südlichen und der Mur näher gelegenen Brunnen der Fall war, welche aber durch eine nicht oder jedenfalls weniger verletzte Uferschicht von der Mur getrennt sind.

Zur weiteren Klärung dieses strittigen Punktes habe ich eine größere Zahl von Brunnen, welche grundwasserstrom-aufwärts gelegen sind, deren

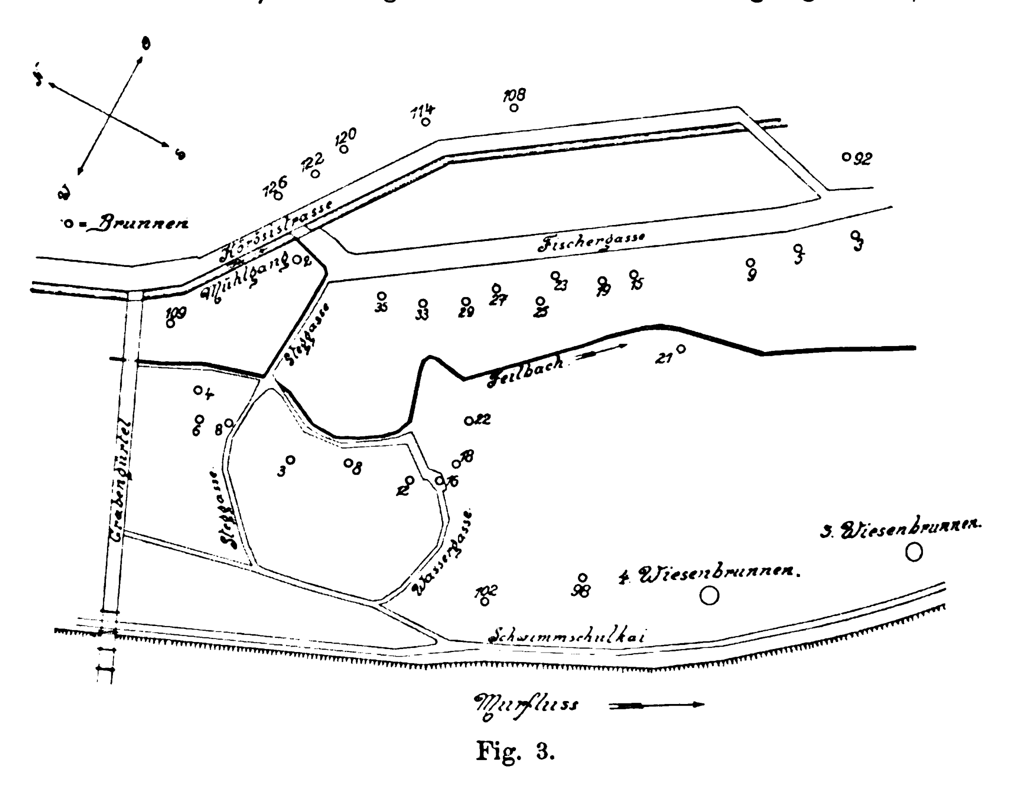


Fig. 3.

Lage aus der Skizze Fig. 3 zu entnehmen ist, untersuchen lassen; Tabelle XVII enthält die Ergebnisse. Sie zeigen uns, daß das Grundwasser, wie es in den nördlich und östlich vom vierten Wiesenbrunnen gelegenen Brunnen gepumpt wird, zumeist einen ganz anderen Charakter hat (Trockensubstanz, Chloride, organische Substanzen, elektrische Leit-

[1] Um den Raum, welchen die Tabellen einnehmen, nicht allzusehr auszudehnen, habe ich auf die Wiedergabe der Zusammenstellungen der organischen Substanzen und Salpetersäure verzichtet; ich bemerke hier nur noch, daß sich Ammoniak und salpetrige Säure in den Brunnen bzw. Leitungswasser niemals nachweisen ließ.

Tabelle XVIII.

Vierter Wiesenbrunnen.

Datum	Abdampf-rückstand	Chlor	Kalium-permanganat	Salpeter-säure	Salpetrige Säure	Ammoniak	Elektrische Leitfähigkeit	Mikro-organismen
11. V.	166·4	2·2	4·03	+	0	0	213·4	736
14. „	—	—	—	—	—	—	—	8500
16. „	169·0	2·3	3·72	+	0	0	209·9	—
14. VI.	—	—	—	—	—	—	197·7	—
15. „	—	—	—	—	—	—	195·3	—
18. „	—	—	—	—	—	—	196·3	—
19. „	—	—	—	—	—	—	346·9	—
20. „	250·8	—	2·4	—	—	—	vm. 333·1 ab. 334·4	18
22. „	243·0	—	2·04	—	—	—	330·3	728
23. „	248·0	—	2·43	—	—	—	331·6	32
24. „	255·6	—	1·73	—	—	—	vm. 337·7 ab. 295·3	+777
25. „	235·6	—	2·57	—	—	—	vm. 322·4 ab. 326·6	602
26. „	—	—	—	—	—	—	vm. 323·0 ab. 321·5	+5
30. „	243·6	5·0	2·5	Spur	0	0	331·1	5
7. VII.	170·2	1·7	4·59	„	0	0	(8. VII.) 219·8	13
12. „	—	2·1	5·03	schwach	0	0	224·3	—
17. „	170·8	2·4	4·87	„	0	0	(15. VII.) 223·0	—
22. „	175·2	1·7	4·21	Spur	0	0	—	2
27. „	—	—	—	—	—	—	—	—
1. VIII.	186·8	2·9	5·05	vorhanden	0	0	—	3
6./7. „	207·6	3·0	5·82	sehr wenig	0	0	—	1
12. „	166·8	2·8	5·74	schwach	0	0	—	1

fähigkeit) als das des vierten Wiesenbrunnens, dessen Ergebnisse in Tabelle XVIII, durch die neuesten Untersuchungen ergänzt, zusammengestellt wurden. Hiervon sind nur diejenigen Brunnen auszunehmen, welche ganz nahe dem Mühlgang liegen und offenbar von diesem beeinflußt werden (Steggasse 2, Körösistraße 109, Körösistraße 126). Aus den mitgeteilten Zahlen kann man daher nicht den Schluß ziehen, daß die Verunreinigung bzw. Bakterieninvasion des vierten Wiesenbrunnens von Norden und Osten erfolgt ist.

Nach diesen Erörterungen erscheint es mir zum mindesten höchst wahrscheinlich, daß die Uferverletzung an der konvexen Stelle des Murbogens oberhalb des 4. Wiesenbrunnens im Zusammenhange mit dem



Ansteigen des Wassers in sonst nie erreichte Bodenschichten die Hauptveranlassung war, daß im Mai dieses Jahres ein nicht genügend filtriertes Wasser zu dem Brunnen unseres Wasserwerkes gelangte. In der Voraussetzung, daß diese meine Annahme richtig ist, ist die Erwähnung einer Überlegung nicht ohne Interesse, welche den bedeutenden Wassertechniker Salbach bei Projektierung der Dresdener Wasserversorgung leitete. Die Anlage ist dort 1871 bis 1874 in der Nähe der Elbe ausgeführt worden, um das der Elbe zuströmende Grundwasser zu heben. Salbach behielt jedoch „von Anfang[1] die Möglichkeit im Auge, auch filtriertes Elbwasser zu gewinnen, wenn dereinst bei weiterem Anwachsen der Stadt der verschlossene Grundwasserstrom nicht mehr ausreichen sollte, den Bedarf der Stadt zu decken. Er bezeichnete ausdrücklich die von ihm zu den Vorarbeiten und später zur definitiven Anlage des Wasserwerkes gewählte Stelle als besonders geeignet, da dort die Elbe einen Bogen macht und erfahrungsgemäß die Flüsse an der konvexen Seite eines Bogens die Ufer benagen, während sie das gegenüberliegende Ufer verlanden; von dieser spezifischen Wirkung des Flusses erwartete sich Salbach einen guten Erfolg für die Filtration insofern, als der Fluß bei seitlichem Austritte von Wasser in das Ufergelände die auf dem Flußbette zurückgehaltenen ungelösten Stoffe stets beseitigen und so das Filter durchgängig erhalten würde".

Wie ich es für mindestens höchstwahrscheinlich halte, daß das unbeabsichtigte „Benagen" der Flußsohle und des Flußufers die nur selten zu beobachtende Beeinflussung in erster Linie des 4. Wiesenbrunnens unserer Wasserversorgung veranlaßt, so dürfte das beabsichtigte „Benagen" des Elbufers und der Elbsohle wohl auch bei den durch viele Jahre beobachteten viel schwereren Kalamitäten der Dresdener Wasserversorgung eine wichtige Rolle gespielt haben. Bei der großen Bedeutung, welche Salbach hatte, sind gewiß noch an manchen anderen Orten Wasserversorgungen mit „natürlicher Filtration" unter ähnlichen Voraussetzungen angelegt. Vielleicht gibt unsere Arbeit die Veranlassung, daß Städte mit solchen Wasserversorgungen diesem Punkte ihre Aufmerksamkeit schenken und bei Hochwasser entsprechende Untersuchungen ausführen lassen.

Ich habe im vorausgegangenen die Vorgänge geschildert, welche durch die Einwirkung des Hochwassers (Mai 1897) auf die Brunnen des Grazer Wasserwerkes beobachtet werden konnten, soweit sie allgemeineres

[1] Nach Renk, Vortrag über die mit den Hochfluten der Elbe eintretende Verunreinigung des Dresdener Leitungswassers und ihre sanitäre Bedeutung. *Jahresbericht der Gesellschaft für Natur- u. Heilkunde zu Dresden.* 1895—96.



Interesse haben und möchte an diese Schilderung noch einige Bemerkungen anschließen. Es wurde gezeigt, daß zur gleichen Zeit, als die Brunnen durch das Hochwasser gelitten hatten, eine erhöhte Morbidität an Magendarmerkrankungen festgestellt werden konnte. Es ist weiter unserem Bericht zu entnehmen, daß der Bakteriengehalt ein bedeutend erhöhter war. Kann man nun annehmen, daß dem erhöhten Bakteriengehalt die größere Zahl von Erkrankungen zuzuschreiben ist? Leider sind unsere Kenntnisse auf diesem Gebiet viel zu geringe, als daß man auf diese Frage eine bestimmte Antwort geben könnte. Auffallend ist immerhin die relativ geringe Zahl von Mikroorganismen, die wir gefunden haben, wenn wir berücksichtigen, welche Mengen von Keimen gar nicht selten in Wasserversorgungen mit künstlicher Filtration oder in Wasserversorgungen mit „natürlicher Filtration" gefunden und durch lange Zeit hindurch geduldet wurden und noch werden. In Dresden wurden bei Hochwasser im Mischwasser Jahre hindurch Tausende von Keimen gefunden, in Würzburg sogar bei dem von Lehmann geschilderten Hochwasser Zehntausende. Wenn ich nun auch weit davon entfernt bin, die bei uns gefundene ganz erheblich geringere Zahl als möglicherweise belanglos hinzustellen und berichten kann, daß wir sofort dahin gestrebt haben, daß unser Andritzer Ergänzungswerk, welches, jetzt seit Monaten täglich untersucht, stets gar keine oder höchstens nur eine minimale Zahl von Keimen ergeben hat, soweit ausgebaut wird, daß es bei Hochwässern die Stadt allein versorgen kann, so möchte ich doch noch einer anderen Hypothese Erwähnung tun. Unser Wasser war nicht nur bakteriologisch, sondern auch chemisch verändert; es war erheblich weicher, als dies sonst in der Regel der Fall ist; war es doch zum großen Teil das durch den Fluß herabgeförderte Schmelzwasser des Schnees unserer obersteierischen Berge. Wie nun wohl ein jeder, welcher häufiger Bergpartien gemacht hat, Fälle von Magendarmerkrankungen kennt, die ein reichlicher Genuß eines kalten, an Mikroorganismen sicherlich armen Schmelzwassers hervorgebracht hat, so ist es auch bei uns in ärztlichen Kreisen als möglich, ja sogar als wahrscheinlich hingestellt worden, daß der infolge der abnormen Hitze gesteigerte Genuß des verhältnismäßig sehr kalten, zum großen Teil aus Schneewasser bestehenden Leitungswassers zum mindesten als eine der Ursachen der vermehrten Erkrankungen zu betrachten ist. Vielleicht ist es das Richtige, wenn man annimmt, daß der überreichliche Genuß des besonders weichen und kalten Wassers die Disposition zu den Erkrankungen schuf, die dann zum Teil durch die in größerer Zahl eingeführten Mikroorganismen direkt hervorgerufen wurden?



II. Versuche zur Feststellung der „natürlichen Filtration" im Boden.

Der Hygieniker kommt gelegentlich in die Lage, sich über die Filtrationsfähigkeit eines Bodens zu äußern. Im allgemeinen ist man da auf Analogieschlüsse angewiesen; aus Erfahrung weiß man, daß ein Boden, welcher aus Lehm oder Sand, bzw. Schotter und Sand besteht, ein gutes Filter bildet, während auch der dichteste Fels, wenn er Spalten und Klüfte enthält, als unzuverlässiges Filter zu betrachten ist. Im speziellen ist es sehr schwer, eine Entscheidung zu fällen. Versuche im Terrain können wegen technischer und örtlicher Schwierigkeiten nur selten in größerer Ausdehnung gemacht werden und Laboratoriumsversuche begegnen aus anderen Gründen fast noch größeren Schwierigkeiten, was aus der geringen Zahl der Literaturangaben entnommen werden kann.

Es dürfte daher die Mitteilung von Untersuchungen nicht ohne Interesse sein, welche ich vor mehreren Jahren ausführte, um die Filtrationsfähigkeit des Bodens auf dem Terrain des neueren Teils unseres Wasserwerkes zu bestimmen. Veranlaßt wurden diese Untersuchungen durch die Aufgabe, die Größe eines Schutzterrains zu bestimmen, welches eine Verunreinigung der Brunnen mit Sicherheit ausschließt. Da die detaillierte Wiedergabe der Versuchsergebnisse nur spezielles lokales Interesse hat, verzichte ich auf dieselbe und beschränke mich auf die Zusammenstellung der bewährten Methodik, die vielleicht denen, welche sich mit ähnlichen Fragen zu beschäftigen haben, willkommen sein wird. Was

A. die Versuche im Terrain

anlangt, so wurde im wesentlichen der Weg eingeschlagen, daß durch Einschütten von Kochsalz in die gegrabenen bzw. ad hoc geschlagenen Brunnen und Untersuchung des Grundwassers in verschiedenem Abstand von der Kochsalzeinschüttung die Schnelligkeit bzw. die Richtung des Grundwasserstromes festgestellt, und dann durch analoges Eingießen von Prodigiosuskulturen und Untersuchung des Grundwassers die Filtrationswirkung bestimmt wurde. Selbstverständlich wurde auch die Höhe des Grundwasserstandes in den Bohrlöchern ermittelt.

Bei Versuchen mit Mikroorganismen wurde die Infektion des Terrains in verschiedener Weise vorgenommen. Einmal wurden Prodigiosuskulturen in mehrere Bohrlöcher eingegossen, welche auf einem Kreisbogen in geringen Abständen voneinander eingesenkt waren, während die Probeentnahme in anderen grundwasser-stromabwärts gelegenen Bohrlöchern erfolgte, von welchen das eine im Mittelpunkt des oben erwähnten Kreisbogens, die übrigen auf einer Linie lagen, die auf der Sehne des Kreis-



bogens senkrecht stand. Oder aber es wurden die Kulturaufschwemmungen in ein Bohrloch eingebracht und die Probeentnahme erfolgte in stromabwärtsgelegenen wiederum auf einem Kreisbogen analog angeordneten Bohrlöchern. Bei anderen Versuchen wurde, um die Wirkung der ungleichmäßigen und deshalb unsicheren Filtrationskraft der Humusschicht auszuschließen, in einer bestimmten Entfernung von einem Bohrloch stromaufwärts ein kreisbogenförmiger Graben von etwa 50 cm Tiefe bis unter die Humusschicht ausgehoben und dieser mit der Prodigiosuslösung beschickt und täglich bewässert, wodurch der Einfluß festgestellt werden sollte, den eine etwaige oberflächliche Verunreinigung des Bodens an Stellen verursachen würde, wo der Humus durch Tiere aufgewühlt und damit leicht durchgängig gemacht worden war. Mit besonderer Sorgfalt wurde darauf geachtet, bei der Probeentnahme eine oberflächliche Verschleppung der in Unmassen verwendeten Prodigiosuskeime zu vermeiden, weshalb vor jeder Eröffnung die Verschlüsse der Bohrlöcher mit einer Stichflamme sterilisiert und die der Probeentnahme dienenden in die Bohrlöcher eingesenkten Röhren in einer Feldschmiede erhitzt wurden. Die in dieser Weise ausgeführten Untersuchungen zeigten in unserem Fall, daß eine weitergehende Verschleppung der Prodigiosuskeime überhaupt nicht stattfand; auf kürzere Entfernungen wurde sie nur in der Nähe der in Gebrauch stehenden Brunnen gefunden, wo durch das Pumpen der zwischen dem Schotter befindliche Sand entfernt worden war.

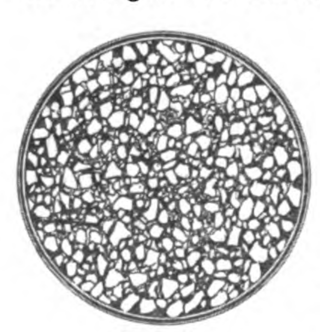
B. Laboratoriumversuche.

Wie schon erwähnt, können Laboratoriumversuche die Versuche im Terrain ergänzen. Solche Versuche sind von K. B. Lehmann[1] zum Studium der Verhältnisse beim Würzburger Wasserwerk gemacht worden. 10 cm weite Zinkblechrohre von verschiedener Länge wurden mit Lehm bzw. Sand gefüllt. An das eine Ende der gefüllten Röhren wurde ein Ansatz rechtwinklig angelötet und mit Wasser gefüllt und dann bestimmt: 1. Die Menge des durchgehenden Wassers zur Berechnung der Filtrationsgeschwindigkeit. 2. Die Durchlässigkeit der Lehm- bzw. Sandschicht für in das Druckrohr eingegossene Bakterien. Lehmann gibt an, daß ihm die Füllung der Rohre besondere Schwierigkeiten verursachte und daß er sich durch Zersägen der Rohre und Bestimmung des Porenvolumens einzelner Ausschnitte davon überzeugte, daß die Rohre dicht genug gestopft waren. Bei einem Versuch hatte sich eine Rinne zwischen Rohrwand und Lehm gebildet, weshalb Wasser und mit ihm die eingebrachten Bakterien

[1] Vier Gutachten über die Wasserversorgungsanlage Würzburgs. *Verhandlungen der physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg.* 1900. Bd. XXXIII. Nr. 4.



bald in Massen ausflossen. Bei Versuchen, welche mit einem Material angestellt werden, das nicht nur aus feinsten Bodenpartikelchen besteht — mit solchem Material hatte ich zu arbeiten —, ist nun zu fürchten, daß sich bei Benutzung von Röhren mit starren Wandungen an der Peripherie der Röhren leichter passierbare Straßen bilden. Dort ist es nämlich fast ausgeschlossen, daß sich die Bodenteilchen derart dicht an die Wandung anlegen, wie sich unter natürlichen Verhältnissen die Bodenteilchen ineinander schieben. Die gröberen Teilchen stemmen sich mit Spitzen und Kanten an die Wandung an und lassen zwischen sich und der Wand größere Hohlräume, welche weniger gut filtrieren als die zentralen Teile. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man Boden in Glaszylinder einfüllt, auch wenn man durch häufiges Aufstoßen des Zylinders eine möglichst gleichmäßige Füllung anstrebt; vgl. Fig. 4. Um dieser Fehlerquelle auszuweichen, trachtete ich ein Material mit Wandungen zu verwenden, welches weich und nachgiebig war. Ich versuchte zunächst einen Holztrog, wie er zuerst von Fossa-Mancini angegeben und von dem Hydrologen der Grazer Technik, Prof. Forchheimer, zu Bodenversuchen benutzt wurde, mit denen die Strömungsgeschwindigkeit im Boden bestimmt wird, zu meinen Zwecken zu verwenden. Der sorgfältig gearbeitete Holztrog besteht aus dicht gefugtem Holz und hat eine Länge von 4 m, eine Breite von 30 cm und eine Höhe von 20 cm. Der Trog wird auf zwei beweglichen Gestellen genau horizontal eingestellt. Am Anfang und Ende des Trogs sind durch Drahtnetze zwei kleine Abteilungen abgetrennt, in welchen sich verschiebbare Glasröhren zur Einstellung des Niveaus und zur Regulierung des Drucks befinden (Figg. 5 und 6). Im oberen Vorraum (o. V.) ist der Zulauf; durch das Überfallrohr wird das Niveau eingestellt; die gleiche Vorrichtung befindet sich im untern Vorraum (u. V.), dessen Volumen durch eingesetzte Holzstücke (siehe den Querschnitt) stark reduziert ist, um die durchgeflossenen Lösungen bzw. Bakterienaufschwemmungen möglichst rasch erkennen zu können. Der Boden wird zwischen die Siebe eingefüllt und kann nach Füllung mit Wasser durch Verschiebung der Glasrohre ein beliebiges Gefälle hergestellt werden, welches aus der Differenz der Höhen $h - h'$ und der Länge der Bodenschicht l berechnet wird.


Fig. 4.

Die geschilderte Vorkehrung eignet sich sehr gut zur Bestimmung der Durchgangsgeschwindigkeit bei verschiedenem Gefäll. Nach Einbringen von Kochsalz bzw. Fluoreszeïn läßt sich leicht und sicher die Zeit bestimmen, welche die Flüssigkeit braucht, die gegebene Strecke zu durch-

fließen. Schwieriger gestaltet sich die Verwendung unseres Trogs für bakteriologische Untersuchungen. Wir konnten zwar auch hier feststellen, daß in großen Mengen eingebrachte Prodigiosuskeime auch nach einigen Tagen im Abfluß nicht erschienen; eine längere Beobachtung wurde aber durch das Überwuchern der Saprophyten verhütet. Da es nun leider nicht möglich war, die große Bodenmenge zu sterilisieren bzw. steril zu erhalten, habe ich ein anderes Verfahren ausgearbeitet, welches auch weitgehenden Anforderungen genügen kann. Es kam hauptsächlich darauf an, einen Behälter ausfindig zu machen, welcher in bequemer Weise mit Boden beschickt und dann sterilisiert werden kann, und dessen Wandungen so beschaffen sind, daß sich die Bodenteilchen an ihn anschmiegen können.

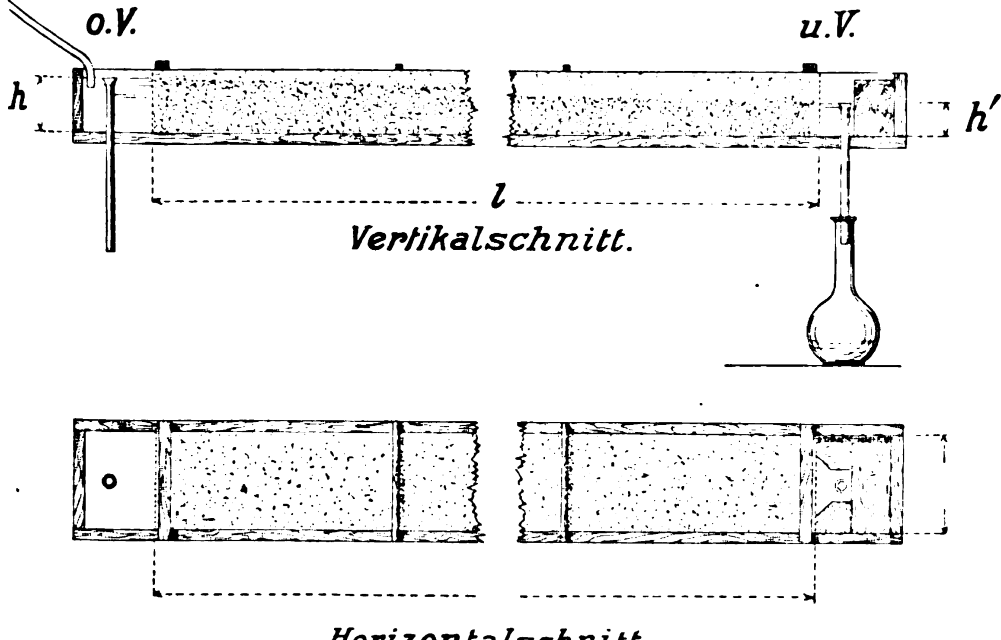


Fig. 5 und 6.

Es war weiter notwendig, die Versuchsanordnung derart einzurichten, daß das Bodenmaterial beliebig fest eingelagert werden kann und daß schließlich im Behälter jeder gewünschte Druck (Gefäll) zu erzielen ist.

Diesen Anforderungen genügten nach jeder Richtung Feuerwehrschläuche aus Hanf mit Gummieinlage. Nach vielfachen mühsamen Vorversuchen hat sich die folgende Versuchsanordnung gut bewährt. Der im Autoklaven sterilisierte Boden wurde in den Schlauch eingefüllt (Fig. 7), der zunächst an dem unteren Ende mit einem Messingstutzen M_1 (Fig. 9) verschlossen war, in welchem zwei Messingsiebe D_1 und D_2 durch einen Gummiring G auf der durch Verjüngung des Rohrs gebildeten Unterlage



festgehalten werden. In das verjüngte Messingrohr M_2 war ein Gummistopfen *St* eingesetzt, in dessen Bohrung ein Glasrohr R_u steckte. Dieser

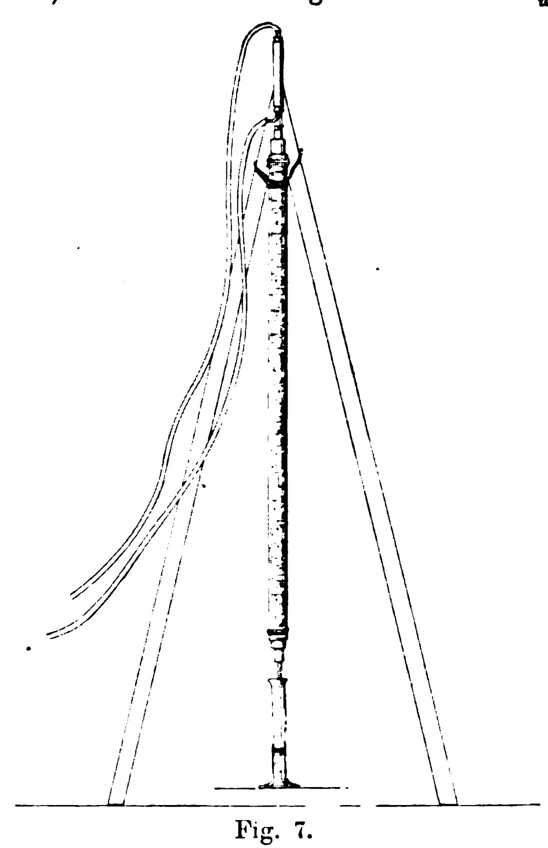


Fig. 7.

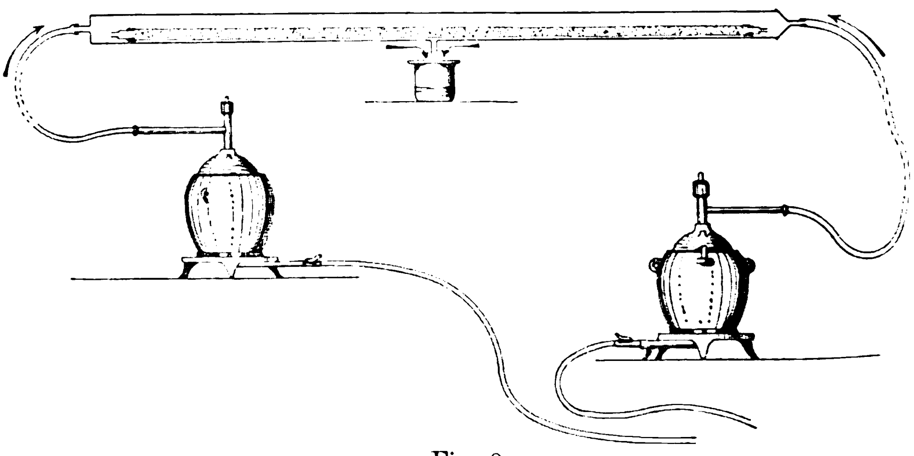


Fig. 8.

so armierte Gummischlauch wurde nun mit dem zu untersuchenden Boden gefüllt. Wir haben aus dem Boden die gröberen Schottersteine

heraussuchen müssen und nur die Teile des Bodens verwenden können, welche das erste Sieb des Knopschen Siebsatzes passiert hatten, also einen Durchmesser hatten, welcher kleiner als 7 mm war. Die Füllung machte ganz besondere Schwierigkeiten. Obwohl beim Füllen der Schlauch mit einem Holzhammer geklopft wurde, setzen sich immer und wieder die Bodenteilchen zusammen. Es ist ja schließlich auch verständlich, daß es

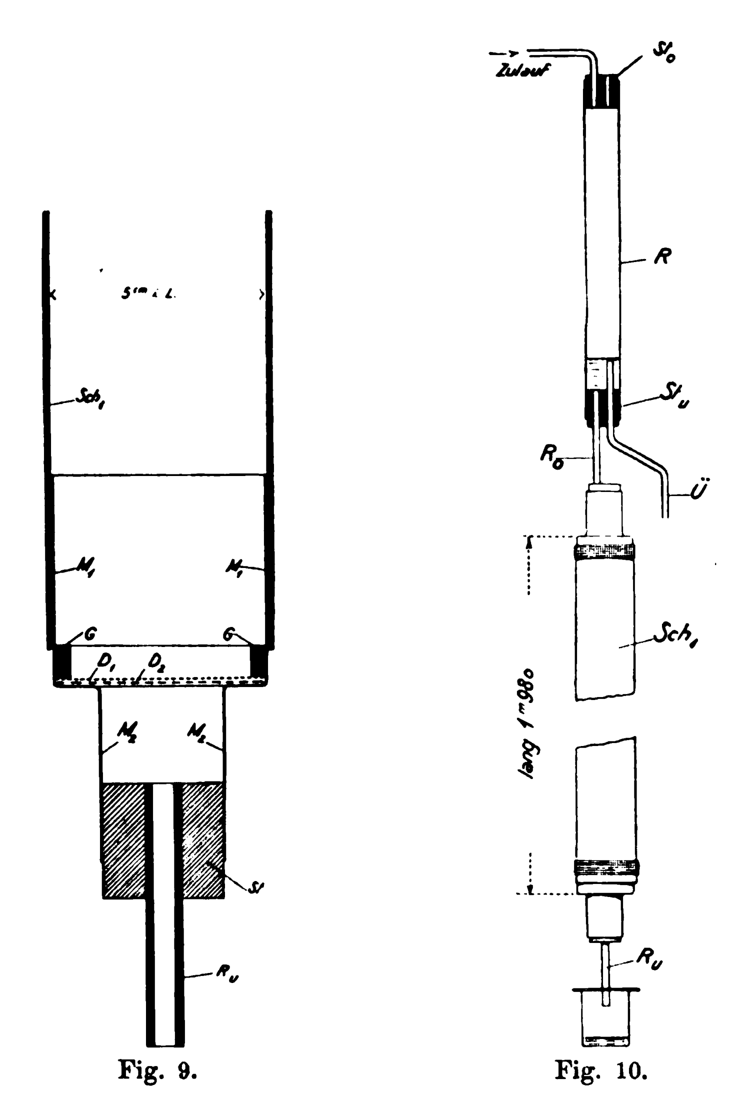


Fig. 9. Fig. 10.

nicht so leicht und rasch glücken kann, die Bodenteilchen im Versuch so dicht zu lagern, wie sie in der Natur durch den enormen Druck der darüberstehenden Bodenschichten gepreßt, durch die Feuchtigkeit verschoben, sich nach vielen Jahrzehnten ineinander schieben, wie man das häufig bei Sand- und Kiesgruben sehen kann.

Nach Füllung des Bodens wurde in das obere Schlauchende auf eine schon vorher eingesetzte Messinghülse ein Verschlußstück aufgeschraubt, das auch wieder in einen engeren Rohrstutzen endete, in den ein mit Glasrohr R_o versehener Gummistopfen eingefügt war (Fig. 10). Nachdem noch die beiden Glasröhren R_o und R_u mit Watte verstopft waren, wurde der nun zum Versuch fertig armierte Schlauch nochmals sterilisiert. Dies geschah in einer langen Blechröhre in der in der Fig. 8 ersichtlichen Weise. Der Gummischlauch wurde in das Blechrohr eingeschoben, das dann durch zwei Deckel verschlossen wurde, auf welche kleine Blechröhren aufgelötet waren. Der zur Sterilisation notwendige Dampf wurde in zwei Papinschen Töpfen entwickelt und strömte, nachdem er den Schlauch umspült hatte, in der Mitte des Blechrohrs nach unten aus.

Vor Beginn des Versuchs wurde schließlich an das obere Ende des Schlauches ein Glasrohr angesetzt, welches so eingerichtet war, daß der im Boden befindliche Gummischlauch stets unter dem Druck einer Flüssigkeit stand, die durch ein im Stopfen St_u angebrachtes Überlaufrohr in stets gleichem Niveau gehalten wurde. Der Schlauch wurde bei den Versuchen entweder vertikal aufgehangen (Fig. 7) oder auf ein in beliebiger Neigung festzustellendes Brett gelegt, so daß jedes gewünschtes Gefäll herzustellen ist. Durch Eingießen von Bakterienaufschwemmungen kann bei der beschriebenen Versuchsanordnung die Filtrationsfähigkeit eines Bodens in einwandfreier Weise geprüft werden, nachdem der Schlauch zweckmäßigerweise zunächst von unten durch einen Gummischlauch mit sterilisiertem Wasser gefüllt ist, weil auf diese Weise die Luft aus den Poren sicherer vertrieben wird. Wenn man dann gleichzeitig mit der Bakterienkultur Kochsalz durch den im Boden befindlichen Schlauch schickt und die ablaufende Flüssigkeit in bestimmten Intervallen bakteriologisch und chemisch untersucht, so erhält man bei dem gewählten Druckgefälle $\frac{h}{l}$ sowohl die Durchflußgeschwindigkeit, wie die Filtrationsfähigkeit des Bodens unter den gegebenen Bedingungen. War z. B. h der Höhenunterschied vom Überlauf bis zum Ablauf = 65 cm und die Länge der in zwei aneinander gesetzten Schläuchen enthaltenen Kies-Sandkörper = 385 cm, so war das Druckgefälle, welches zur Überwindung des Reibungswiderstandes bei der Bewegung des Wassers im Schotter diente,

$$\frac{h}{l} = \frac{65}{385} = 0 \cdot 17.$$

Aus den schon weiter oben angegebenen Gründen verzichte ich auf die Wiedergabe der mit den mitgeteilten Methoden erhaltenen Resultate, weil diese nur ein lokales Interesse haben.

Anhang.

Tabelle X.

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Januar	1.	— 93	— 100	— 108	— 120	— 128	— 118	— 125	— 115	— 140	— 173	— 193
	2.	— 90	— 100	— 110	— 120	— 130	— 118	— 135	— 112	— 164	— 182	— 185
	3.	— 85	— 100	— 108	— 119	— 143	— 120	— 149	— 115	— 175	— 184	— 170
	4.	— 90	— 104	— 107	— 115	— 150	— 115	— 144	— 118	— 170	— 185	— 165
	5.	— 95	— 105	— 108	— 103	— 153	— 106	— 142	— 113	— 148	— 187	— 168
	6.	— 96	— 117	— 110	— 88	— 153	— 106	— 120	— 115	— 138	— 178	— 170
	7.	— 105	— 120	— 108	— 92	— 150	— 106	— 101	— 115	— 138	— 175	— 173
	8.	— 105	— 120	— 110	— 95	— 153	— 108	— 113	— 130	— 139	— 170	— 168
	9.	— 100	— 117	— 112	— 100	— 147	— 111	— 122	— 130	— 145	— 172	— 170
	10.	— 93	— 116	— 117	— 104	— 148	— 116	— 128	— 131	— 151	— 175	— 171
	11.	— 95	— 117	— 115	— 105	— 149	— 117	— 131	— 125	— 149	— 175	— 173
	12.	— 92	— 120	— 110	— 107	— 144	— 120	— 122	— 121	— 150	— 175	— 175
	13.	— 90	— 120	— 111	— 111	— 147	— 122	— 108	— 122	— 153	— 178	— 173
	14.	— 90	— 120	— 109	— 114	— 150	— 123	— 118	— 124	— 147	— 180	— 173
	15.	— 92	— 120	— 101	— 121	— 144	— 123	— 127	— 124	— 143	— 180	— 173
	16.	— 92	— 128	— 106	— 125	— 149	— 125	— 137	— 122	— 164	— 180	— 174
	17.	— 90	— 128	— 105	— 129	— 148	— 128	— 142	— 124	— 173	— 188	— 170
	18.	— 80	— 129	— 105	— 124	— 147	— 155	— 125	— 172	— 185	— 170	— 170
	19.	— 80	— 128	— 106	— 118	— 155	— 122	— 158	— 131	— 162	— 183	— 171
	20.	— 87	— 126	— 107	— 118	— 149	— 123	— 160	— 135	— 158	— 184	— 170
	21.	— 90	— 126	— 105	— 125	— 146	— 125	— 162	— 133	— 157	— 182	— 173
	22.	— 90	— 125	— 110	— 123	— 135	— 126	— 160	— 130	— 158	— 185	— 178
	23.	— 90	— 125	— 110	— 123	— 139	— 125	— 159	— 130	— 164	— 186	— 185
	24.	— 90	— 120	— 111	— 120	— 140	— 125	— 155	— 132	— 168	— 189	— 205
	25.	— 97	— 118	— 112	— 113	— 141	— 128	— 148	— 135	— 170	— 195	— 203
	26.	— 100	— 118	— 110	— 110	— 141	— 127	— 140	— 148	— 165	— 196	— 195
	27.	— 105	— 120	— 108	— 110	— 144	— 127	— 139	— 148	— 161	— 193	— 178
	28.	— 106	— 123	— 108	— 114	— 141	— 131	— 133	— 150	— 162	— 188	— 180
	29.	— 107	— 124	— 108	— 115	— 141	— 129	— 138	— 152	— 163	— 185	— 180
	30.	— 110	— 117	— 112	— 111	— 143	— 127	— 143	— 150	— 164	— 187	— 176
	31.	— 110	— 120	— 115	— 115	— 145	— 129	— 142	— 140	— 162	— 187	— 180
	Mittel	— 95	— 118	— 109	— 113	— 145	— 121	— 137	— 129	— 157	— 182	— 177

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Februar	1.	— 110	— 70	— 113	— 115	— 150	— 130	— 147	— 143	— 160	— 186	— 180
	2.	— 103	— 95	— 108	— 119	— 145	— 131	— 143	— 143	— 162	— 188	— 183
	3.	— 100	— 102	— 116	— 119	— 147	— 131	— 140	— 140	— 160	— 189	— 185
	4.	— 87	— 102	— 115	— 114	— 146	— 128	— 141	— 134	— 160	— 187	— 187
	5.	— 90	— 107	— 120	— 114	— 145	— 130	— 144	— 120	— 158	— 186	— 187
	6.	— 95	— 112	— 129	— 112	— 145	— 138	— 143	— 91	— 150	— 189	— 185
	7.	— 95	— 114	— 120	— 111	— 145	— 148	— 143	— 80	— 150	— 188	— 187
	8.	— 100	— 120	— 116	— 110	— 145	— 138	— 143	— 88	— 149	— 189	— 185
	9.	— 100	— 120	— 115	— 111	— 146	— 130	— 145	— 94	— 154	— 190	— 185
	10.	— 103	— 121	— 115	— 112	— 147	— 130	— 138	— 95	— 156	— 195	— 185
	11.	— 105	— 120	— 110	— 110	— 147	— 131	— 102	— 101	— 161	— 196	— 188
	12.	— 100	— 123	— 102	— 112	— 147	— 129	— 123	— 100	— 163	— 195	— 183
	13.	— 100	— 121	— 99	— 115	— 150	— 131	— 120	— 102	— 166	— 192	— 185
	14.	— 95	— 124	— 95	— 114	— 155	— 132	— 123	— 102	— 165	— 190	— 188
	15.	— 100	— 124	— 95	— 95	— 153	— 132	— 128	— 100	— 173	— 191	— 188
	16.	— 90	— 122	— 98	— 99	— 157	— 131	— 122	— 100	— 168	— 188	— 190
	17.	— 95	— 119	— 98	— 104	— 155	— 130	— 132	— 105	— 164	— 193	— 188
	18.	— 100	— 115	— 91	— 102	— 157	— 131	— 138	— 107	— 166	— 193	— 191
	19.	— 95	— 119	— 91	— 105	— 150	— 129	— 138	— 101	— 167	— 190	— 186
	20.	— 92	— 120	— 92	— 107	— 145	— 128	— 137	— 107	— 167	— 190	— 187
	21.	— 90	— 125	— 89	— 100	— 145	— 129	— 133	— 110	— 167	— 190	— 187
	22.	— 90	— 125	— 87	— 95	— 155	— 130	— 128	— 108	— 165	— 191	— 185
	23.	— 95	— 124	— 89	— 101	— 151	— 131	— 96	— 103	— 166	— 187	— 190
	24.	— 95	— 98	— 91	— 102	— 153	— 132	— 79	— 105	— 161	— 192	— 180
	25.	— 90	— 43	— 95	— 105	— 153	— 133	— 78	— 110	— 162	— 193	— 192
	26.	— 90	— 74	— 102	— 98	— 149	— 134	— 92	— 112	— 162	— 195	— 192
	27.	— 90	— 74	— 99	— 90	— 153	— 132	— 101	— 115	— 168	— 192	— 190
	28.	— 85	— 87	— 99	— 77	— 153	— 131	— 103	— 114	— 162	— 185	— 190
	29.								— 117			
	Mittel	— 95	— 108	— 103	— 106	— 152	— 132	— 125	— 109	— 160	— 190	— 186

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
März	1.	— 82	— 93	— 98	— 73	— 145	— 129	— 101	— 118	— 158	— 170	— 185
	2.	— 75	— 95	— 102	— 74	— 140	— 105	— 105	— 120	— 159	— 178	— 185
	3.	— 72	— 99	— 95	— 80	— 139	— 70	— 108	— 120	— 157	— 177	— 180
	4.	— 75	— 102	— 89	— 85	— 128	— 76	— 111	— 121	— 140	— 165	— 183
	5.	— 78	— 105	— 90	— 92	— 123	— 83	— 114	— 121	— 120	— 173	— 183
	6.	— 80	— 95	— 94	— 95	— 132	— 90	— 118	— 112	— 120	— 165	— 183
	7.	— 80	— 103	— 98	— 94	— 125	— 93	— 118	— 125	— 122	— 160	— 182
	8.	— 90	— 64	— 104	— 95	— 132	— 94	— 115	— 125	— 125	— 152	— 180
	9.	— 90	— 60	— 98	— 99	— 138	— 92	— 117	— 124	— 129	— 145	— 177
	10.	— 90	— 68	— 100	— 100	— 134	— 90	— 119	— 120	— 126	— 146	— 178
	11.	— 90	— 75	— 98	— 101	— 138	— 93	— 121	— 108	— 130	— 149	— 176
	12.	— 90	— 80	— 93	— 104	— 112	— 98	— 123	— 83	— 127	— 158	— 175
	13.	— 95	— 87	— 92	— 100	— 104	— 101	— 125	— 75	— 130	— 150	— 181
	14.	— 90	— 90	— 82	— 100	— 93	— 104	— 126	— 85	— 108	— 159	— 185
	15.	— 80	— 89	— 80	— 100	— 88	— 106	— 128	— 82	— 101	— 160	— 182
	16.	— 85	— 85	— 78	— 102	— 95	— 104	— 128	— 80	— 83	— 167	— 183
	17.	— 85	— 88	— 75	— 103	— 98	— 107	— 125	— 78	— 65	— 141	— 184
	18.	— 85	— 85	— 67	— 100	— 95	— 107	— 122	— 72	— 63	— 40	— 182
	19.	— 80	— 73	— 62	— 70	— 92	— 106	— 118	— 71	— 48	— 81	— 170
	20.	— 75	— 49	— 63	— 81	— 95	— 99	— 118	— 63	— 68	— 95	— 155
	21.	— 60	— 33	— 68	— 85	— 37	— 88	— 120	— 68	— 68	— 104	— 150
	22.	— 65	— 23	— 75	— 85	— 41	— 70	— 118	— 67	— 75	— 119	— 155
	23.	— 60	— 40	— 80	— 74	— 73	— 53	— 118	— 65	— 79	— 128	— 155
	24.	— 50	— 53	— 83	— 71	— 91	— 35	— 110	— 64	— 88	— 132	— 158
	25.	— 30	— 58	— 83	— 71	— 100	— 41	— 92	— 70	— 91	— 132	— 165
	26.	— 10	— 18	— 88	— 73	— 108	— 53	— 93	— 73	— 84	— 143	— 167
	27.	— 15	+ 76	— 88	— 73	— 109	— 60	— 85	— 69	— 85	— 145	— 167
	28.	— 20	+ 20	— 90	— 76	— 115	— 65	— 81	— 58	— 77	— 147	— 163
	29.	— 20	— 10	— 90	— 74	— 118	— 60	— 68	— 44	— 72	— 145	— 160
	30.	— 18	— 24	— 85	— 73	— 120	— 55	— 78	— 41	— 63	— 150	— 150
	31.	— 20	— 22	— 80	— 77	— 124	— 50	— 77	— 35	— 51	— 150	— 135
	Mittel	— 65	— 60	— 86	— 86	— 109	— 83	— 110	— 86	— 100	— 142	— 171

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
April	1.	— 30	— 27	— 75	— 78	— 123	— 57	— 76	— 43	— 25	— 155	— 130
	2.	— 25	— 0	— 75	— 83	— 120	— 66	— 86	— 51	— 6	— 155	— 125
	3.	— 25	+ 45	— 78	— 84	— 113	— 60	— 91	— 57	— 10	— 157	— 130
	4.	— 35	+ 17	— 50	— 88	— 105	— 43	— 98	— 65	— 8	— 158	— 131
	5.	— 40	— 5	— 24	— 88	— 87	— 21	— 101	— 62	— 18	— 161	— 128
	6.	— 45	— 16	— 28	— 89	— 73	— 13	— 103	— 63	— 19	— 160	— 125
	7.	— 50	— 30	— 34	— 71	— 70	— 0	— 106	— 61	— 32	— 158	— 95
	8.	— 55	— 35	— 35	— 5	— 70	+ 12	— 111	— 55	— 43	— 150	— 96
	9.	— 60	— 40	— 25	— 10	— 40	— 8	— 111	— 41	— 55	— 155	— 80
	10.	— 60	— 30	— 38	— 18	— 28	— 16	— 116	— 41	— 68	— 140	— 80
	11.	— 60	— 20	— 46	— 26	— 15	— 18	— 117	— 31	— 72	— 130	— 95
	12.	— 65	— 10	— 49	— 27	— 14	— 16	— 113	— 28	— 70	— 121	— 101
	13.	— 65	— 6	— 45	— 23	— 38	+ 5	— 118	— 23	— 48	— 104	— 108
	14.	— 70	— 17	— 50	— 14	— 27	+ 27	— 118	— 13	— 5	— 90	— 105
	15.	— 65	— 25	— 55	— 5	— 44	+ 45	— 119	+ 11	+ 8	— 58	— 97
	16.	— 60	— 35	— 50	— 0	— 54	+ 55	— 122	+ 43	+ 12	— 43	— 75
	17.	— 50	— 35	— 53	+ 25	— 48	+ 56	— 121	+ 85	+ 18	— 38	— 69
	18.	— 50	— 35	— 56	+ 36	— 59	+ 55	— 121	+ 100	+ 17	— 40	— 58
	19.	— 55	— 30	— 53	+ 15	— 65	+ 62	— 125	+ 104	— 5	— 32	— 60
	20.	— 55	— 30	— 45	— 0	— 73	+ 52	— 128	+ 88	— 20	— 33	— 70
	21.	— 50	— 23	— 27	+ 10	— 75	+ 50	— 126	+ 58	— 24	— 40	— 80
	22.	— 60	— 18	— 18	— 0	— 78	+ 55	— 127	+ 38	— 0	— 42	— 90
	23.	— 60	— 10	— 28	+ 30	— 78	+ 70	— 124	+ 55	— 4	— 45	— 94
	24.	— 55	+ 20	— 30	+ 58	— 75	+ 55	— 109	+ 70	— 20	— 35	— 88
	25.	— 55	+ 30	— 38	+ 58	— 75	+ 54	— 81	+ 71	— 32	— 40	— 20
	26.	— 58	+ 30	— 41	+ 43	— 73	+ 49	— 90	+ 73	— 43	— 51	+ 60
	27.	— 58	+ 33	— 34	+ 35	— 65	+ 55	— 98	+ 82	— 50	— 65	+ 20
	28.	— 50	+ 35	— 25	+ 25	— 71	+ 64	— 98	+ 70	— 50	— 72	+ 5
	29.	— 45	+ 40	— 35	+ 20	— 68	+ 48	— 97	+ 43	— 48	— 73	— 10
	30.	— 30	+ 45	— 35	+ 25	— 60	+ 25	— 88	+ 30	— 38	— 83	— 28
	Mittel	— 51	— 6	— 43	— 12	— 66	+ 19	— 108	+ 13	— 26	— 92	— 76

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Mai	1.	— 15	+ 40	— 30	+ 40	— 58	+ 12	— 73	+ 12	— 5	— 81	— 43
	2.	— 0	+ 35	— 27	+ 65	— 58	— 0	— 69	+ 3	+ 25	— 81	— 45
	3.	+ 35	+ 40	— 33	+ 70	— 64	— 10	— 53	+ 17	+ 62	— 80	— 53
	4.	— 0	+ 50	— 30	+ 90	— 66	— 21	— 23	+ 51	+ 79	— 90	— 55
	5.	— 10	+ 60	— 15	+ 115	— 63	— 12	+ 2	+ 65	+ 80	— 92	— 20
	6.	— 15	+ 45	— 24	+ 105	— 67	— 15	— 3	+ 43	+ 97	— 83	+ 28
	7.	— 23	+ 25	— 30	+ 100	— 62	— 2	— 22	+ 20	+ 115	— 62	+ 85
	8.	— 10	+ 18	— 32	+ 118	— 53	— 7	— 32	+ 15	+ 140	— 52	+ 103
	9.	— 10	— 0	— 32	+ 128	— 50	— 15	— 28	— 0	+ 103	— 32	+ 115
	10.	— 10	— 8	— 0	+ 108	— 50	— 15	+ 18	— 10	+ 88	+ 15	+ 143
	11.	— 10	— 13	+ 15	+ 75	— 43	— 22	— 5	— 18	+ 60	— 11	+ 160
	12.	— 10	— 15	+ 13	+ 68	— 5	— 26	— 21	— 20	+ 40	— 10	+ 175
	13.	— 10	— 7	+ 20	+ 40	+ 50	— 23	— 35	— 26	+ 27	— 5	+ 178
	14.	— 15	+ 35	+ 18	+ 33	+ 25	— 12	— 45	— 34	+ 40	— 7	+ 175
	15.	— 15	+ 7	+ 20	+ 35	+ 17	— 8	— 46	— 37	+ 25	— 0	+ 152
	16.	— 10	— 8	+ 30	+ 68	— 0	— 12	— 52	— 34	+ 20	+ 18	+ 145
	17.	+ 5	— 10	+ 57	+ 68	— 7	— 20	— 54	— 20	+ 105	+ 12	+ 140
	18.	+ 20	— 10	+ 40	+ 40	— 3	— 11	— 59	— 2	+ 125	+ 10	+ 123
	19.	+ 40	— 0	+ 25	+ 28	— 0	+ 40	— 57	+ 20	+ 88	+ 15	+ 98
	20.	+ 90	+ 15	+ 20	+ 22	— 5	+ 27	— 65	+ 35	+ 80	+ 7	+ 110
	21.	+ 105	+ 45	+ 28	+ 7	— 0	+ 20	— 71	+ 35	+ 73	— 13	+ 197
	22.	+ 90	+ 30	+ 33	+ 2	— 3	+ 10	— 73	+ 27	+ 59	— 25	+ 120
	23.	+ 95	+ 18	+ 30	+ 7	— 6	— 0	— 67	+ 23	+ 52	— 40	+ 90
	24.	+ 90	+ 15	+ 25	+ 15	— 10	— 5	— 59	+ 38	+ 77	— 52	+ 90
	25.	+ 85	+ 15	+ 35	+ 20	— 17	— 12	— 52	+ 20	+ 52	— 55	+ 100
	26.	+ 85	+ 15	+ 30	+ 33	— 17	— 12	— 46	— 2	+ 33	— 45	+ 120
	27.	+ 85	+ 10	+ 10	+ 70	— 15	— 0	— 46	— 10	+ 10	— 35	+ 120
	28.	+ 90	+ 10	— 0	+ 60	— 7	+ 7	— 55	— 8	— 3	— 40	+ 125
	29.	+ 85	+ 10	+ 5	+ 45	— 6	+ 18	— 63	+ 28	— 8	— 24	+ 130
	30.	+ 65	+ 10	— 0	+ 38	— 8	+ 35	— 60	+ 23	— 8	+ 7	+ 110
	31.	+ 60	+ 7	— 14	+ 35	— 8	+ 70	— 56	+ 5	— 2	+ 47	+ 80
	Mittel	+ 30	+ 10	+ 6	+ 56	— 21	— 1	— 44	+ 8	+ 55	— 29	+ 97

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Juni	1.	+ 55	— 10	— 20	+ 35	— 8	+ 80	— 50	— 7	— 2	+ 47	+ 55
	2.	+ 50	— 20	— 27	+ 20	— 10	+ 95	— 55	— 5	+ 5	+ 32	+ 59
	3.	+ 45	— 20	— 29	+ 15	— 7	+ 98	— 52	+ 5	+ 8	+ 78	+ 45
	4.	+ 45	— 18	— 27	+ 20	— 5	+ 100	— 52	— 18	— 0	+ 22	+ 30
	5.	+ 40	— 25	— 27	+ 27	— 12	+ 95	— 8	— 28	+ 10	— 2	+ 8
	6.	+ 40	— 35	— 17	+ 30	— 12	+ 98	— 25	— 37	+ 10	— 21	+ 4
	7.	+ 35	— 23	— 10	+ 30	— 20	+ 95	— 39	— 39	+ 13	— 8	+ 2
	8.	+ 25	— 20	— 10	+ 35	— 28	+ 65	— 50	— 25	+ 7	— 13	— 11
	9.	+ 20	— 13	— 8	+ 25	— 35	+ 120	— 57	— 35	— 0	— 31	— 22
	10.	+ 25	+ 25	— 18	+ 15	— 40	+ 80	— 62	— 21	— 8	— 40	— 31
	11.	+ 25	+ 25	— 25	+ 10	— 37	+ 58	— 67	— 13	— 8	— 51	— 28
	12.	+ 15	+ 10	— 35	— 0	— 47	+ 53	— 61	— 19	— 11	— 61	— 21
	13.	— 0	+ 8	— 43	— 0	— 47	+ 55	— 56	— 2	— 5	— 64	— 8
	14.	— 10	+ 8	— 45	— 3	— 48	+ 68	— 58	— 2	— 18	— 68	— 8
	15.	— 15	+ 80	— 38	+ 2	— 38	+ 80	— 58	— 15	— 23	— 71	— 9
	16.	— 15	+ 160	— 44	— 4	— 13	+ 47	— 60	— 25	— 36	— 76	— 9
	17.	— 15	+ 110	— 49	— 5	+ 8	+ 45	— 73	— 33	— 36	— 80	— 5
	18.	+ 5	+ 80	— 50	— 3	— 13	+ 46	— 68	— 43	— 35	— 75	— 8
	19.	— 0	+ 58	— 50	— 0	— 26	+ 30	— 75	— 21	— 23	— 69	— 26
	20.	— 0	+ 60	— 45	+ 10	+ 25	+ 55	— 80	— 3	— 34	— 55	— 36
	21.	— 15	+ 57	— 43	+ 3	+ 10	+ 29	— 78	— 41	— 33	— 58	— 46
	22.	— 20	+ 70	— 45	— 3	+ 8	+ 25	— 75	— 40	— 35	— 50	— 41
	23.	— 23	+ 55	— 48	— 5	— 5	+ 15	— 60	— 47	— 40	— 58	— 41
	24.	— 30	+ 52	— 15	+ 25	— 16	+ 12	— 68	— 58	— 28	— 65	— 31
	25.	— 30	+ 30	— 15	+ 8	— 25	+ 40	— 80	— 64	— 41	— 71	— 14
	26.	— 33	+ 25	— 25	— 8	— 23	+ 37	— 85	— 71	— 55	— 68	— 38
	27.	— 25	+ 50	— 38	+ 56	— 23	+ 17	— 89	— 57	— 53	— 76	— 37
	28.	— 20	+ 28	— 40	+ 30	— 24	+ 10	— 91	— 48	— 63	— 79	— 60
	29.	— 23	+ 25	— 38	+ 10	— 38	+ 5	— 92	— 52	— 64	— 83	— 62
	30.	— 30	+ 20	— 38	+ 10	— 48	+ 0	— 94	— 70	— 65	— 81	— 66
	Mittel	+ 4	+ 24	— 32	+ 13	— 20	+ 55	— 64	— 31	— 22	— 43	— 29



Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Juli	1.	— 25	+ 10	— 36	— 5	— 53	+ 13	— 97	— 75	— 70	— 60	— 68
	2.	— 25	— 0	— 27	— 10	— 52	+ 40	— 92	— 82	— 71	— 78	— 72
	3.	— 25	— 5	— 32	— 14	— 53	+ 50	— 95	— 82	— 71	— 91	— 72
	4.	— 23	— 6	— 15	— 20	— 52	+ 20	— 100	— 73	— 73	— 100	— 75
	5.	+ 20	— 3	— 30	— 25	— 50	— 0	— 92	— 55	— 75	— 101	— 87
	6.	— 5	+ 10	— 37	— 5	— 46	— 12	— 88	— 40	— 70	— 103	— 96
	7.	— 25	+ 2	— 42	— 13	— 56	— 12	— 77	— 56	— 30	— 99	— 95
	8.	— 35	— 8	— 28	+ 10	— 65	— 13	— 50	— 70	— 65	— 102	— 90
	9.	— 35	— 13	— 9	— 6	— 68	— 17	— 71	— 80	— 81	— 110	— 94
	10.	— 45	— 5	— 25	— 16	— 73	— 20	— 52	— 85	— 93	— 112	— 71
	11.	— 35	— 15	— 35	— 20	— 75	— 10	— 3	— 93	— 80	— 108	— 82
	12.	— 50	— 24	— 38	— 18	— 71	— 0	— 3	— 94	— 80	— 104	— 80
	13.	— 53	— 24	— 38	— 28	— 72	— 25	— 21	— 100	— 93	— 105	— 89
	14.	— 55	— 25	— 45	— 35	— 76	— 43	— 18	— 100	— 95	— 111	— 99
	15.	— 60	+ 15	— 39	— 38	— 82	— 49	— 18	— 102	— 91	— 45	— 59
	16.	— 57	— 13	— 41	— 45	— 83	— 55	— 39	— 108	— 95	— 51	— 34
	17.	— 55	— 22	— 50	— 50	— 83	— 47	— 51	— 105	— 105	— 70	— 37
	18.	— 55	— 30	— 50	— 55	— 81	— 28	— 60	— 118	— 108	— 78	— 55
	19.	— 50	— 34	— 55	— 55	— 88	— 28	— 65	— 111	— 102	— 83	— 62
	20.	— 55	— 38	— 58	— 58	— 92	+ 5	— 74	— 111	— 106	— 88	— 71
	21.	— 63	— 30	— 64	— 62	— 83	+ 25	— 80	— 119	— 111	— 92	— 83
	22.	— 60	— 19	— 66	— 67	— 73	+ 10	— 81	— 122	— 120	— 85	— 89
	23.	— 20	— 35	— 69	— 62	— 82	+ 27	— 85	— 125	— 123	— 91	— 96
	24.	— 25	— 43	— 72	— 55	— 74	+ 12	— 92	— 124	— 125	— 98	— 100
	25.	— 40	— 40	— 64	— 60	— 74	— 0	— 73	— 126	— 121	— 92	— 90
	26.	— 50	— 45	— 50	— 65	— 78	— 5	— 65	— 130	— 124	— 96	— 96
	27.	— 50	— 50	— 59	— 74	— 83	— 16	— 80	— 125	— 126	— 102	— 87
	28.	+ 40	— 40	— 63	— 78	— 81	— 28	— 86	— 120	— 131	— 98	— 89
	29.	+ 140	— 20	— 68	— 58	— 88	— 11	— 93	— 124	— 135	— 91	— 96
	30.	+ 105	— 33	— 68	— 58	— 92	— 28	— 97	— 130	— 135	— 105	— 100
	31.	+ 155	— 10	— 75	— 43	— 98	— 40	— 46	— 130	— 140	— 105	— 78
	Mittel	— 20	— 19	— 47	— 38	— 74	— 9	— 66	— 100	— 98	— 92	— 83

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
August	1.	+ 120	— 25	— 78	— 50	— 98	— 48	+ 60	— 140	— 141	— 118	— 90
	2.	+ 80	— 35	— 80	— 62	— 99	— 5	+ 2	— 139	— 142	— 121	— 105
	3.	+ 60	— 43	— 84	— 68	— 102	— 42	— 22	— 138	— 140	— 125	— 107
	4.	+ 40	— 48	— 88	— 61	— 93	— 37	— 0	— 138	— 142	— 130	— 115
	5.	+ 35	— 41	— 85	— 58	— 78	— 36	— 15	— 142	— 147	— 104	— 120
	6.	+ 20	— 49	— 85	— 55	— 90	— 48	— 27	— 143	— 150	— 110	— 123
	7.	+ 5	— 54	— 88	— 57	— 95	— 48	— 38	— 145	— 115	— 125	— 125
	8.	+ 5	— 60	— 90	— 65	— 95	— 51	— 48	— 148	— 99	— 130	— 115
	9.	— 0	— 60	— 88	— 70	— 88	— 43	— 54	— 140	— 120	— 136	
	10.	+ 15	— 10	— 75	— 70	— 91	— 15	— 65	— 128	— 131	— 131	
	11.	— 0	+ 15	— 78	— 61	— 98	— 36	— 53	— 115	— 140	— 135	
	12.	— 10	— 12	— 84	— 18	— 104	+ 30	— 43	— 125	— 125	— 137	
	13.	— 20	— 25	— 86	— 43	— 105	— 6	— 60	— 134	+ 35	— 138	
	14.	— 25	— 30	— 91	— 54	— 101	— 20	— 23	— 138	— 50	— 142	
	15.	— 15	— 35	— 93	— 61	— 99	— 30	— 33	— 144	— 80	— 145	
	16.	— 25	— 25	— 97	— 62	— 94	— 39	— 40	— 149	— 91	— 150	
	17.	— 30	— 35	— 95	— 0	— 93	— 48	+ 28	— 148	— 101	— 132	
	18.	— 30	— 40	— 92	+ 15	— 88	— 35	— 8	— 150	— 107	— 103	
	19.	— 35	— 46	— 94	— 5	— 89	— 45	— 18	— 180	— 102	— 100	
	20.	— 40	— 52	— 90	— 17	— 96	— 55	— 2	— 141	— 110	— 104	
	21.	+ 30	— 55	— 94	— 29	— 97	— 33	+ 52	— 145	— 115	— 108	
	22.	— 5	— 60	— 95	— 37	— 93	— 25	+ 22	— 142	— 118	— 111	
	23.	— 20	— 64	— 98	— 38	— 101	— 43	+ 2	— 139	— 125	— 111	
	24.	— 5	— 65	— 99	— 43	— 103	— 53	— 10	— 130	— 115	— 115	
	25.	+ 20	— 68	— 100	— 54	— 107	— 60	— 22	— 133	— 111	— 128	
	26.	— 5	— 55	— 102	— 58	— 111	— 66	— 34	— 119	— 114	— 118	
	27.	— 10	— 45	— 100	— 65	— 111	— 71	— 37	— 78	— 114	— 182	
	28.	— 20	— 57	— 105	— 67	— 93	— 75	— 46	— 96	— 104	— 127	
	29.	— 25	— 53	— 105	— 66	— 95	— 79	— 55	— 105	— 100	— 119	
	30.	— 23	— 43	— 98	— 65	— 100	— 81	— 62	— 110	— 53	— 124	
	31.	— 25	— 50	— 98	— 72	— 103	— 84	— 67	— 116	— 72	— 131	
	Mittel	+ 2	— 43	— 91	— 49	— 97	— 44	— 28	— 132	— 107	— 123	

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
September	1.	— 30	— 55	— 95	— 75	— 107	— 90	— 72	— 116	— 85	— 137	
	2.	— 33	— 45	— 83	— 78	— 108	— 90	— 79	— 98	— 90	— 147	
	3.	— 40	— 60	— 80	— 82	— 109	— 87	— 83	— 63	— 100	— 148	
	4.	— 43	— 64	— 82	— 67	— 111	— 91	— 88	— 85	— 105	— 143	
	5.	— 45	— 67	— 85	— 75	— 115	— 94	— 92	— 96	— 93	— 149	
	6.	— 35	— 67	— 90	— 75	— 96	— 97	— 93	— 99	— 102	— 150	
	7.	— 45	— 72	— 92	— 85	— 92	— 80	— 98	— 105	— 114	— 154	
	8.	— 50	— 74	— 93	— 87	— 98	— 88	— 101	— 112	— 123	— 153	
	9.	— 50	— 77	— 90	— 90	— 98	— 98	— 107	— 118	— 127	— 158	
	10.	— 55	— 80	— 84	— 83	— 102	— 100	— 106	— 118	— 132	— 155	
	11.	— 57	— 81	— 86	— 90	— 101	— 100	— 100	— 120	— 135	— 150	
	12.	— 55	— 86	— 83	— 91	— 102	— 92	— 98	— 113	— 137	— 148	
	13.	— 58	— 78	+ 10	— 91	— 95	— 94	— 73	— 111	— 139	— 148	
	14.	— 60	— 78	+ 105	— 92	+ 5	— 80	— 5	— 125	— 141	— 138	
	15.	— 60	— 78	+ 180	— 96	+ 33	— 94	+ 100	— 123	— 142	— 147	
	16.	— 60	— 83	+ 30	— 98	+ 5	— 98	+ 83	— 26	— 123	— 135	
	17.	— 40	— 86	+ 12	— 102	+ 58	— 101	+ 43	+ 10	— 125	— 77	
	18.	— 20	— 88	+ 33	— 103	+ 35	— 102	+ 20	— 30	— 121	— 98	
	19.	— 35	— 89	+ 12	— 104	+ 6	— 104	— 3	— 53	— 131	— 113	
	20.	— 43	— 90	— 4	— 107	— 13	— 107	+ 22	— 68	— 137	— 118	
	21.	— 25	— 92	— 9	— 105	— 28	— 108	— 5	— 79	— 140	— 65	
	22.	— 35	— 92	— 6	— 107	— 42	— 102	— 16	— 85	— 133	— 75	
	23.	— 42	— 95	— 17	— 107	— 52	— 102	— 27	— 90	— 119	— 88	
	24.	— 48	— 97	+ 4	— 111	— 75	— 107	— 38	— 97	— 124	— 95	
	25.	— 50	— 98	+ 12	— 110	— 65	— 110	— 45	— 98	— 133	— 100	
	26.	— 53	— 98	— 5	— 110	— 68	— 110	— 48	— 104	— 137	— 103	
	27.	— 60	— 98	— 14	— 103	— 63	— 110	— 55	— 104	— 141	— 108	
	28.	— 60	— 99	— 20	— 103	— 70	— 110	— 58	— 85	— 141	— 101	
	29.	— 63	— 97	— 25	— 107	— 75	— 111	— 63	— 38	— 114	— 108	
	30.	— 65	— 83	— 0	— 110	— 80	— 111	— 70	— 57	— 129	— 102	
	Mittel	— 47	— 82	— 28	— 95	— 60	— 99	— 45	— 87	— 124	— 123	



Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Oktober	1.	— 65	— 75	— 2	— 113	— 85	— 104	— 73	— 65	— 135	— 112	
	2.	— 70	— 82	— 15	— 114	— 88	— 106	— 78	— 63	— 132	— 116	
	3.	— 70	— 90	— 20	— 114	— 90	— 111	— 83	— 75	— 121	— 120	
	4.	— 72	— 90	— 21	— 116	— 92	— 119	— 83	— 85	— 131	— 120	
	5.	— 60	— 91	— 24	— 115	— 95	— 120	— 86	— 90	— 137	— 100	
	6.	— 65	— 95	— 32	— 116	— 98	— 118	— 92	— 94	— 138	— 111	
	7.	— 65	— 96	— 37	— 115	— 99	— 115	— 94	— 98	— 141	— 111	
	8.	— 70	— 99	— 34	— 121	— 99	— 118	— 98	— 98	— 142	— 111	
	9.	— 72	— 99	— 34	— 120	— 90	— 114	— 100	— 76	— 148	— 116	
	10.	— 72	— 97	— 41	— 119	— 97	— 117	— 90	— 92	— 147	— 121	
	11.	— 77	— 100	— 47	— 121	— 88	— 121	— 45	— 15	— 153	— 125	
	12.	— 75	— 100	— 52	— 123	— 93	— 120	— 72	+ 105	— 147	— 128	
	13.	— 75	— 95	— 55	— 123	— 98	— 90	— 82	+ 43	— 148	— 131	
	14.	— 78	— 85	— 55	— 121	— 101	— 93	— 79	+ 2	— 150	— 132	
	15.	— 80	— 90	— 52	— 121	— 102	— 101	— 75	— 15	— 148	— 138	
	16.	— 80	— 85	— 62	— 123	— 105	— 107	— 87	— 31	— 155	— 138	
	17.	— 80	— 90	— 65	— 124	— 101	— 109	— 88	— 45	— 153	— 115	
	18.	— 75	— 92	— 68	— 115	— 99	— 88	— 61	— 57	— 145	— 121	
	19.	— 77	— 85	— 70	— 124	— 100	— 98	— 70	— 63	— 150	— 135	
	20.	— 80	— 48	— 74	— 121	— 102	— 103	— 60	— 50	— 151	— 136	
	21.	— 75	— 15	— 75	— 120	— 105	— 106	— 66	— 48	— 153	— 141	
	22.	— 70	— 45	— 75	— 103	— 105	— 108	— 69	— 55	— 153	— 140	
	23.	— 75	— 56	— 79	— 98	— 98	— 79	— 72	— 61	— 158	— 146	
	24.	— 72	— 59	— 82	— 108	— 83	— 90	— 15	— 70	— 158	— 147	
	25.	— 80	— 67	— 84	— 113	— 88	— 95	— 12	— 75	— 158	— 148	
	26.	— 80	— 70	— 84	— 115	— 90	— 100	— 28	— 75	— 150	— 150	
	27.	— 82	— 71	— 88	— 118	— 94	— 102	— 39	— 65	— 160	— 142	
	28.	— 83	— 78	— 89	— 120	— 98	— 103	— 44	— 65	— 160	— 142	
	29.	— 84	— 79	— 89	— 122	— 100	— 107	— 45	— 70	— 156	— 149	
	30.	— 85	— 80	— 90	— 123	— 101	— 107	— 40	— 58	— 160	— 152	
	31.	— 87	— 83	— 91	— 125	— 103	— 107	— 35	— 60	— 158	— 152	
	Mittel	— 75	80	— 58	— 118	— 97	— 105	— 66	— 54	— 148	— 130	

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
November	1.	— 90	— 84	— 91	— 108	— 103	— 108	— 10	— 62	— 157	— 142	
	2.	— 90	— 85	— 93	— 113	— 105	— 111	— 23	— 70	— 160	+ 42	
	3.	— 90	— 51	— 94	— 115	— 105	— 113	— 28	— 75	— 153	— 30	
	4.	— 90	— 66	— 95	— 105	— 110	— 115	— 39	— 81	— 149	— 60	
	5.	— 95	— 80	— 88	— 97	— 112	— 117	— 46	— 87	— 151	— 70	
	6.	— 95	— 78	— 98	— 103	— 112	— 119	— 53	— 85	— 151	— 85	
	7.	— 95	— 68	— 99	— 108	— 114	— 119	— 60	— 90	— 94	— 91	
	8.	— 95	— 76	— 100	— 110	— 117	— 127	— 65	— 93	— 108	— 95	
	9.	— 98	— 80	— 101	— 115	— 115	— 120	— 71	— 98	— 83	— 62	
	10.	— 98	— 84	— 100	— 115	— 118	— 121	— 75	— 100	— 98	— 70	
	11.	— 100	— 86	— 100	— 112	— 118	— 120	— 78	— 78	— 112	— 62	
	12.	— 100	— 88	— 102	— 108	— 115	— 122	— 79	— 88	— 118	— 81	
	13.	— 105	— 88	— 104	— 80	— 118	— 122	— 83	— 83	— 122	— 91	
	14.	— 92	— 90	— 100	— 94	— 118	— 125	— 84	— 83	— 118	— 100	
	15.	— 105	— 91	— 102	— 99	— 113	— 127	— 83	— 93	— 117	— 104	
	16.	— 103	— 92	— 105	— 100	— 103	— 128	— 88	— 98	— 119	— 110	
	17.	— 103	— 93	— 105	— 104	— 93	— 129	— 88	— 100	— 120	— 113	
	18.	— 103	— 93	— 105	— 102	— 80	— 128	— 89	— 103	— 125	— 115	
	19.	— 103	— 94	— 105	— 99	— 95	— 135	— 78	— 107	— 123	— 120	
	20.	— 103	— 95	— 108	— 99	— 103	— 137	— 67	— 108	— 123	— 85	
	21.	— 103	— 98	— 108	— 103	— 106	— 135	— 73	— 111	— 89	— 91	
	22.	— 108	— 96	— 109	— 84	— 107	— 134	— 80	— 114	— 104	— 105	
	23.	— 110	— 98	— 110	— 73	— 108	— 140	— 76	— 115	— 100	— 111	
	24.	— 105	— 98	— 110	— 82	— 111	— 145	— 65	— 105	— 98	— 114	
	25.	— 110	— 98	— 111	— 85	— 112	— 148	— 68	+ 20	— 105	— 115	
	26.	— 110	— 96	— 115	— 90	— 115	— 142	— 65	— 35	— 111	— 122	
	27.	— 115	— 96	— 115	— 95	— 117	— 139	— 70	— 58	— 118	— 123	
	28.	— 125	— 60	— 114	— 97	— 118	— 140	— 73	— 74	— 120	— 120	
	29.	— 122	— 78	— 112	— 100	— 121	— 139	— 78	— 83	— 116	— 125	
	30.	— 110	— 85	—	— 103	— 121	— 38	— 70	— 90	— 118	— 127	
	Mittel	— 102	— 86	— 104	— 100	— 110	— 128	— 67	— 85	— 118	— 93	



Tabelle X. (Schluß.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Dezember	1.	— 108	— 32	— 111	— 98	— 121	— 143	— 71	— 93	— 117	— 126	
	2.	— 115	— 75	— 114	— 93	— 120	— 139	— 70	— 93	— 120	— 131	
	3.	— 120	— 85	— 114	— 103	— 119	— 142	— 76	— 95	— 119	— 134	
	4.	— 110	— 88	— 116	— 107	— 121	— 138	— 78	— 103	— 121	— 133	
	5.	— 105	— 91	— 120	— 112	— 122	— 143	— 76	— 105	— 125	— 134	
	6.	— 107	— 92	— 120	— 108	— 125	— 140	— 80	— 108	— 129	— 137	
	7.	— 103	— 93	— 115	— 83	— 131	— 144	— 58	— 110	— 133	— 136	
	8.	— 104	— 93	— 115	— 80	— 134	— 150	— 53	— 111	— 135	— 138	
	9.	— 105	— 95	— 119	— 90	— 130	— 154	— 68	— 100	— 135	— 155	
	10.	— 105	— 97	— 129	— 104	— 121	— 152	— 63	— 103	— 133	— 143	
	11.	— 110	— 97	— 134	— 113	— 121	— 151	— 68	— 110	— 135	— 146	
	12.	— 112	— 98	— 135	— 112	— 125	— 152	— 72	— 105	— 136	— 147	
	13.	— 115	— 97	— 140	— 113	— 129	— 162	— 71	— 110	— 146	— 147	
	14.	— 115	— 98	— 139	— 113	— 130	— 166	— 74	— 105	— 148	— 150	
	15.	— 117	— 101	— 136	— 115	— 119	— 166	— 80	— 107	— 145	— 148	
	16.	— 117	— 98	— 135	— 116	— 124	— 168	— 78	— 113	— 143	— 150	
	17.	— 117	— 98	— 133	— 120	— 131	— 166	— 82	— 116	— 146	— 155	
	18.	— 120	— 101	— 128	— 120	— 128	— 149	— 91	— 118	— 147	— 155	
	19.	— 123	— 95	— 124	— 120	— 105	— 48	— 91	— 117	— 155	— 155	
	20.	— 123	— 92	— 120	— 123	— 107	— 96	— 91	— 116	— 162	— 155	
	21.	— 123	— 89	— 124	— 123	— 109	— 120	— 92	— 118	— 168	— 158	
	22.	— 123	— 95	— 127	— 127	— 110	— 130	— 97	— 123	— 166	— 160	
	23.	— 127	— 101	— 128	— 125	— 108	— 132	— 101	— 132	— 160	— 160	
	24.	— 128	— 108	— 133	— 128	— 108	— 142	— 99	— 132	— 153	— 160	
	25.	— 128	— 104	— 130	— 124	— 105	— 149	— 95	— 128	— 156	— 160	
	26.	— 128	— 108	— 118	— 128	— 113	— 149	— 98	— 130	— 163	— 167	
	27.	— 129	— 126	— 110	— 128	— 103	— 137	— 101	— 130	— 167	— 165	
	28.	— 135	— 125	— 115	— 131	— 108	— 125	— 101	— 135	— 164	— 167	
	29.	— 143	— 120	— 116	— 130	— 112	— 132	— 107	— 150	— 170	— 168	
	30.	— 135	— 115	— 123	— 125	— 113	— 133	— 117	— 144	— 173	— 173	
	31.	— 131	— 110	— 121	— 128	— 115	— 135	— 116	— 131	— 168	— 180	
	Mittel	— 119	— 97	— 124	— 114	— 118	— 140	— 84	— 116	146	148	
Jahresmittel		— 53	— 55	— 68	— 64	— 89	— 66	— 78	— 76			



Einiges über angewandte Bakteriologie.

Von

M. Neisser,
Frankfurt a/M.

Die folgenden Zeilen sind einzelne Kapitel zu dem großen Thema: Bakteriologische Untersuchungstationen. Es wird nicht zwei solcher Stationen geben, die sich in ihren Aufgaben, ihren Kompetenzen, ihren Etats, ihren Methoden, völlig gleichen und die heutige Zeit zeigt ein besonders buntes Bild. Ob überall schon der richtige Typ gefunden ist, wird die Erfahrung lehren. Wer wie ich länger als ein Dezennium solchen bakteriologischen Untersuchungsstellen vorgestanden hat und beobachten konnte, wie das Material im Laufe von 7 Jahren um das 5 fache gestiegen ist, wer im Laufe vieler Jahre kennen gelernt hat, wo der wichtige und wo der überflüssige Teil der angewandten Bakteriologie zu suchen ist, der darf vielleicht über dieses Thema sein Urteil und seine Kritik abgeben, ohne der Überhebung geziehen zu werden. Wenn ich es gerade an dieser Stelle tue, so geschieht es, weil es mir vergönnt war, die Flüggesche Initiative — die Einrichtung der Breslauer Untersuchungsstation 1896 — zu verwirklichen und jahrelang fortzuführen. Wer diese Entwicklung mitgemacht, weiß, daß die Breslauer Station in ihrer Organisation der Ausgangspunkt für die meisten selbständigen Untersuchungsstellen geworden ist. Deshalb wird sie immer ein Merkstein in der Geschichte der angewandten Bakteriologie sein.

Der Bakteriologe als Sachverständiger.

Mit niemandem hat der Leiter der Untersuchungsstation mehr zu tun, als mit dem Arzt, sei es dem Privatarzt oder dem Krankenhausarzt, dem allgemeinen Arzt oder dem Spezialarzt. Jeder hat Fragen an ihn,



die beantwortet sein wollen, und häufig genug fällt die Antwort nicht befriedigend aus; wenige denken indessen daran, daß an der ungenügenden Antwort auch die ungenügende Frage schuld sein kann. Gerade der Bakteriologe aber bekommt die unpräzisesten und verworrensten Fragen vorgelegt. Welcher Bakteriologe hat nicht schon die „Anregung" von klinischer Seite bekommen, beim Gelenkrheumatismus müsse sich doch bakteriologisch etwas machen lassen, oder bei den Masern, Keuchhusten, Appendicitis, bei der sympathischen Ophthalmie, beim Schnupfen usw. Oder ein sich für die Bakteriologie interessierender Kollege glaubt für die Forschung etwas besondees zu tun, wenn er plötzlich ein Keuchhustensputum einschickt und nach ein paar Tagen nachfragt, ob etwas besonderes gefunden sei. Als ob sich solche Fragen an der Hand eines beliebig gewählten Materials entscheiden ließen, als ob nicht erst das Laboratorium und der Leiter auf diese besonderen Fragen eingestellt sein müßten, wenn das Suchen einen Sinn haben soll. Das ist die Kategorie der sogenannten „wissenschaftlichen Fragen", die bei gründlicher Beantwortung eine Unsumme von Arbeitskraft und Material erfordern — mit außerordentlich geringem Erfolg. Aber ich möchte dem Bakteriologen nicht raten, diese Fragen schlankweg abzulehnen, denn eine Reihe von Ärzten sieht darin den Hauptzweck der bakteriologischen Untersuchungsstellen und hält die Ablehnung einer solchen Untersuchung für eine Art Pflichtverletzung. Zum mindesten aber für ein Zeichen mangelhafter „Wissenschaftlichkeit", oder für Faulheit. Diese Art „Anregungen" sind es auch, unter welchen viele bakteriologischen Assistenten der klinischen Anstalten leiden.

Ich denke — und befinde mich damit wohl in guter Gesellschaft — anders über diese Anregungen. Ich halte sie ausschließlich für eine Hemmung und schätze ihren Wert fast gleich Null ein. Denn entweder wendet sich der Arzt an einen noch unerfahrenen Bakteriologen — dann handelt er töricht, indem er ihn vor eine Aufgabe stellt, der er nicht gewachsen sein kann —, oder er wendet sich an einen erfahrenen, dann muß er sich sagen, daß diese Anregung wohl nicht die erste ihrer Art gewesen sein wird, daß wohl auch der Bakteriologe, der doch täglich Umschau hält, auf welche neuen Gebiete er seine Kunst ausdehnen könnte, sich diese Frage schon vorgelegt haben wird, aber in ihrer Lösung nicht weiter gekommen ist. Sehen wir von dem Arzt ab — wobei immer unter Arzt jeder eine praktische ärztliche Tätigkeit Ausübende verstanden ist —, der das Gesamtgebiet der Mikrobiologie und der Serologie beherrscht, avis rarissima, so wird man sagen können, daß der Arzt persönlich nicht in der Lage ist, zu beurteilen, ob die von ihm gestellte Frage auch schon ein Experimentalproblem ist, ein Problem, das in der gedachten Art für das betreffende Laboratorium derart ausführbar ist, daß für irgendein



wertvolles Resultat Chancen vorhanden sind. Ja ob die Fragestellung oder der vorgeschlagene Weg neu und deshalb lohnend ist, auch das wird bei dem heutigen Umfang der inländischen und ausländischen Literatur der Arzt kaum beurteilen können. Und doch kann er äußerst anregend und befruchtend wirken; dann nämlich, wenn er die Frage, die ihm im Sinne liegt, mit dem Bakteriologen bespricht, wenn in gemeinsamer Beratung die Frage erst in die besondere Sprache des Versuchs übertragen wird, wenn er es nicht für unter seiner Würde hält, den Bakteriologen zu konsultieren, kurz, wenn er sich daran gewöhnt, den Bakteriologen nicht für den Untersucher zu halten, der bakteriologische Orders effektuiert, sondern, in ihm den sachverständigen Berater zu sehen, der sein Handwerkszeug nach eigenem Ermessen handhabt. Natürlich wird der Arzt dabei manchen Wunsch, den er hatte, aufgeben müssen, und sich manchen Korb holen, vielleicht auch hier und da Blößen seiner Kenntnisse aufdecken, die er lieber vor dem an Jahren vielleicht jüngeren Bakteriologen, der vielleicht noch in einem Abhängigkeitsverhältnis zu ihm steht, verborgen hätte. Aber es geht nicht anders. Nur der Bakteriologe kann aus der Frage das präzisierte bakteriologische Problem herausschälen, kann ermessen, ob es unter den gegebenen Verhältnissen möglich und irgendwie aussichtsvoll ist, das Problem experimentell in Angriff zu nehmen.

Dem Bakteriologen erwachsen aus dieser Stellung Pflichten; er ist häufig genug in der Lage, einer erheblichen Unkenntnis oder Verkennung seiner Kunst gegenüber zu stehen. Er sieht Halbkenntnisse, die mit Prätention als vollwertige gelten wollen, er muß dauernd scheinbare Kleinigkeiten und Nebensächlichkeiten bemängeln und korrigieren — es gehört ein erhebliches Maß von Takt dazu, um hier immer den richtigen Ton zu finden, ganz abgesehen von dem Sachverständnis und der geistigen Beweglichkeit, die für die Bearbeitung neuer Fragen die Voraussetzung sind.

Die 2. Kategorie von Fragen, die vom Arzt dem Bakteriologen gestellt werden, sind die „interessanten Fälle". Es handelt sich dabei für den fragenden Arzt nicht um die Ergründung eines allgemein gültigen Problems, sondern es sind Ausnahmeerscheinungen, die das Interesse des Arztes beschäftigen und in ihm die Meinung erwecken, ob vielleicht der Bakteriologe des Rätsels Lösung findet. Das sind die Fälle, wo in einem ganz eigenartigen Fall von bronchopneumonischen Erscheinungen das Sputum eingeschickt wird, oder aber in einem völlig afebrilen Fall mit merkwürdigen Darmerscheinungen der Stuhl, oder Konjunktivalsekret bei einem äußerst interessanten Augenfall usw. Und die Frage wird immer lauten, es soll „auf Bakterien" oder „auf besondere Bakterienarten" oder



dergleichen untersucht werden. Wofern der Arzt sich hiervon einen Fingerzeig für sein ärztliches Handeln verspricht, wird er in den meisten Fällen enttäuscht werden, denn wenn er z. B. bestenfalls erfährt, daß in einem Osteomyelitiseiter ausnahmsweise einmal nur Pneumokokken gefunden sind, so kann ihm das interessant, aber nicht eigentlich wichtig sein. An dem häufig mangelhaften Ergebnis ist wiederum die Frage schuld; wenn der Arzt einen interessanten Fall hat, von dessen bakteriologischer Untersuchung er eine wichtige Aufklärung erwartet, so ist es wiederum das Richtige, den Fall mit dem Bakteriologen, der natürlich Arzt sein muß, zu besprechen, damit der Gang der Untersuchung von vornherein richtig ist, damit unnötige Arbeit gespart wird und falsche Hoffnungen nicht aufkommen. Verspricht sich der Arzt aber etwas Interessantes für den Bakteriologen, nun so wird er ihn erst recht fragen müssen, denn das wird der Bakteriologe doch wohl beurteilen können. Für wen in aller Welt soll es aber von Bedeutung sein, wenn der Arzt z. B. schlecht entnommenes Material einer atypischen Colpitis senilis zur „bakteriologischen Untersuchung" einschickt. Also auch hier kommt es darauf hinaus, den Bakteriologen nicht nur als Untersuchungsausführungsorgan anzusehen, sondern als den Beurteiler der bakteriologischen Seite des Falles. Die Zahl der interessanten Fälle, in denen die bakteriologische Untersuchung gemacht werden wird, würde dann allerdings erheblich zurückgehen, aber die nicht große Zahl der Fälle, in denen die Bakteriologie Aufschluß zu geben vermag, würde steigen.

Es bleibt noch die 3. Kategorie von Fragen, jene, die der Arzt stellt, um seine klinische Vermutung zu stützen oder aber um etwaige Möglichkeiten zu verneinen. In der prompten und sicheren Beantwortung dieser Fragen liegt der Wert der Untersuchungsstellen für die klinische Diagnostik. Und dem guten Fragesteller wird die gute Untersuchungsstelle in vielen Fällen wertvolle Dienste leisten. Aber auch hier darf es sich der Fragende nicht gar zu leicht machen; eine wirklich ärztliche Vermutung muß die Voraussetzung der Frage sein, nicht eine vage Möglichkeit, die vielleicht irgendeinmal beobachtet ist. Ich habe einmal 15 Untersuchungsobjekte, von drei Kindern einer Familie stammend, im Laufe weniger Tage eingeschickt erhalten — sämtliche Sekrete und Exkrete in mehrfacher Auflage —, zum Schluß Blutpräparate zur Untersuchung auf Malariaparasiten. Und das alles, diese riesigen Opfer an Material, Arbeitskraft und Arbeitslust, weil die Kinder im Sommer etwas Durchfall mit etwas Fieber hatten. Ehe noch die letzte Untersuchung beendet war, waren die Kinder wieder gesund. Und diese Fälle, in denen die ganze Skala aller mikrobischen Möglichkeiten und Unmöglichkeiten durchlaufen werden muß, sind gar nicht so selten. Gewiß wird der Arzt an alles

denken, aber doch nur das ärztlich Wahrscheinliche in den Kreis der Untersuchungen ziehen. Und weiter, vermag denn überhaupt die Bakteriologie in dem betreffenden Falle nach den vorliegenden Erfahrungen den klinischen Vermutungen eine Stütze zu geben; hat denn ein eventuell negatives Untersuchungsresultat auch nur eine Wahrscheinlichkeitsbedeutung? Welches Material ist das geeignete, wie ist es zu entnehmen und wie einzuschicken; ist es denn zweckmäßig, wenn der Arzt bei Typhusverdacht Blut, Stuhl, Urin, Erbrochenes und Auswurf gleichzeitig einschickt? Verbessert er damit die Chancen der Untersuchung? Sicherlich nicht. Der erfahrene Bakteriologe wird ihm das auch niemals raten, sondern das dem vermutlichen Stadium der Erkrankung entsprechende Material zunächst empfehlen, und weiterhin anderes Material zur Untersuchung erbitten.

Also auch in dieser Kategorie der „präzisierten Fragen“ ist ein Konnex zwischen Arzt und Bakteriologie notwendig, wenn für die klinische Diagnose des einzelnen Falles Ersprießliches herauskommen soll. Und selbst für die Verwertung des bakteriologischen Resultates in einzelnen Fällen ist gelegentlich die Besprechung mit dem Bakteriologen nötig. Ich erinnere mich eines Falles, wo auf Grund einer negativen Untersuchung des Blutes auf Streptokokken und einer geringen positiven Widalschen Reaktion, sowie aus dem ganzen Verlauf auf einen typhösen Milzabszeß geschlossen wurde. Deshalb wurde der Bauch von vorne eröffnet. Man stieß aber auf eine eigentümliche Pyelonephritis, die besser von hinten operiert worden wäre; es war der mäßig positiven Widalschen Reaktion eine Bedeutung zugeschrieben worden, die ihr der erfahrene Bakteriologe nicht gegeben hätte.

Ich komme deshalb zu dem Schluß, daß die Bakteriologie für die klinische Diagnostik, für die Aufklärung eigenartiger Fälle und für die Ergründung ätiologischer Probleme nur dann Wertvolles leisten kann, wenn der Bakteriologe Sachverständiger und Berater des Arztes ist — und nicht nur sein bakteriologischer Kuli. Erst wenn die Unsumme von überflüssigem, ungeeignetem Untersuchungsmaterial, von dem die meisten Untersuchungsstellen heute voll sind, verschwindet, wenn die vielen törichten Fragen wenigen klaren Platz machen, erst dann steht die Untersuchungsstelle auf der Höhe ihrer Aufgabe.

Es kann jahrelang dauern, bis das in einem Bezirk erreicht ist. Ein geradezu liebevolles Eingehen auf die ärztliche Denkrichtung, ein weitgehendes Entgegenkommen, taktvolle Belehrung, richtige Einschätzung, nicht Überschätzung der bakteriologischen Kunst sind ebenso unerläßlich wie Sachverständnis und Erfahrung.



Und wenn Belehrung und Aufklärung nichts nützen, so muß der Bakteriologe sich mit den kleinen Mittelchen, die ihm zu Gebote stehen, seiner Haut wehren; der kleinen Zahl der Enthusiasten gegenüber, die gern alles mögliche auf „Bakterien“ untersucht haben wollen, oder die um eine „bakteriologische Untersuchung“ bitten, muß er allmählich zur vielsagenden Antwort greifen: Bakterien wurden nachgewiesen. Denn eine scheinbare präzise Antwort, wie z. B. bei einer Untersuchung eines Scheidesekretes: Staphylokokken wurden gefunden, oder aber bei einem Halsabstrich: Es fanden sich Staphylokokken, Streptokokken und gramnegative Kokken, sind ja in Wahrheit beinahe ebenso nichtssagend, wie der Befund von Colibazillen im Stuhl.

In der Gebührenberechnung haben viele Untersuchungsstellen ein brauchbares Mittel, um sich gegen unberechtigte Ansprüche zu wehren. Daß die im öffentlichen Interesse liegenden Untersuchungen gebührenfrei sein müssen, versteht sich eigentlich von selbst. Aber für jede andere Untersuchung Gebühren berechnen zu müssen, welche die Kosten der Untersuchung decken, ist ebenso ungerechtfertigt, wie wenn man diese Untersuchungen prinzipiell kostenfrei ausgeführt wissen wollte. Das „pro paupere“ und „ad usum proprium“ freilich im Sinne des Apothekers verstanden, wird gewiß bestehen bleiben müssen. Aber wie steht es mit den nicht seltenen Fällen, in denen der Arzt eine sehr wichtige Frage stellt, die mit Recht viel Arbeit und Material kostet — soll der Arzt auch dann für die Kosten aufkommen? Das hieße doch den Stationen nicht nur das überflüssige, sondern auch das wirklich wertvolle Material entziehen. Man wird deshalb den Schwierigkeiten am besten begegnen, wenn außer den prinzipiell gebührenfreien im öffentlichen Interesse liegenden Untersuchungen ein Tarif besteht — der zwar selten die wirklichen Kosten decken wird, der aber so zu gestalten ist, daß der Leiter der Untersuchungsstelle innerhalb gewisser Grenzen die Kosten nach dem Umfang der Untersuchung berechnen darf. Kostenfrei wären auch jene Untersuchungen, die auf Wunsch des Bakteriologen ausgeführt werden. In einem wirklich bakteriologisch wertvollen Falle wird die Verständigung mit dem Bakteriologen dann immer genügen, um ihn die Bitte nach Material aussprechen zu lassen, das dann kostenlos untersucht wird.

Ein letztes nur mit großem Takt anzuwendendes Mittel ist die Ablehnung unzweckmäßiger Entnahmen; wenn von weither ein Taschentuch mit der Bitte um Untersuchung auf Meningokokken, oder in der Sommerhitze ein Stuhl aus Italien zur Untersuchung auf Typhusbazillen einläuft, so lohnt es sich nicht auch nur anzufangen; man lehnt es von vornherein ab. Oder wenn eine Urinprobe mit der Bitte auf kulturelle Gonokokkenuntersuchung eingeschickt wird, und das Präparat des Sediments zeigt



reichliche Mengen anderer Bakterienarten, so ist eine kulturelle Untersuchung auf Gonokokken nicht nur völlig aussichtslos, sondern auch eine heillose Vergeudung von Material und Arbeit.

Wer in der Bakteriologie mehr sieht als eine moderne Spielerei, wird jeden Fehlgriff ängstlich vermeiden wollen und wird die ganze Stoßkraft seines Laboratoriums für ärztlich und bakteriologisch wichtige Fragen aufsparen und eben darum seine Station von dem Material, dessen Untersuchung in gar keiner Beziehung wichtig ist, rein zu halten suchen. Der um Rat gefragte, nicht der nur zur Untersuchung beorderte Bakteriologe wird die wertvollste Station haben. Und auch nur ein in wirklichem Konnex mit dem Arzt stehender Bakteriologe wird die Fälle verfolgen können und Nachricht über den weiteren Verlauf erhalten — also Erfahrungen sammeln, die doch wieder dem Arzte zugute kommen.

Außer für die ärztliche Diagnostik und die medizinalpolizeiliche Praxis kommen bakteriologische Untersuchungen in Fragen der Milchversorgung, der Wasserversorgung, der Abwässerbeseitigung, der Desinfektion usw. in Betracht. Auch hier bürgert es sich leicht ein, daß einfach eine Probe zum Bakteriologen geschickt wird, und daß nun das Resultat nach Belieben verwendet wird. Aber auch hier hängt der Wert der bakteriologischen Untersuchung ebenso sehr von dem zweckmäßigen Plane wie von der Durchführung und der sachverständigen Beurteilung des Resultates ab. Wenn man ein Desinfektionsmittel zur Prüfung erhält, so ist es für die Versuchsanordnung und die Beurteilung des Resultates von ausschlaggebender Bedeutung, ob das Mittel etwa ein Ersatz für die Kalkmilch oder für das Kresolwasser sein soll, ob es zur Konservierung von Serumproben oder zur Händedesinfektion od. dergl. gedacht ist. Es ist dabei gar nicht einmal nötig, daß in jedem Falle der Bakteriologe mit der Gesamtbeurteilung betraut wird, aber allein zur Beurteilung der bakteriologischen Seite der Frage ist mehr nötig, als eine „bakteriologische Untersuchung“ mit vorgeschriebener Marschroute, — es sei denn, daß der Plan eben bereits sachverständig entworfen wurde. Es ist immer wieder zu betonen, daß die bakteriologische Untersuchung nicht erst beim Präparat und beim Plattengießen beginnt, sondern viel früher — beim Plan. Die Ausführung kann der Bakteriologe häufig seinen Hilfskräften überlassen, über den Plan wird er entscheiden müssen, ebenso wie darüber, ob überhaupt eine bakteriologische Untersuchung in dem betreffenden Falle angebracht ist. Ein Beispiel für viele. Eine Kurmilchanstalt, die auf die Gewinnung keimarmer Milch Wert legt, bittet um eine bakteriologische Untersuchung. Der Besuch an Ort und Stelle zeigt sofort, bei welchen einzelnen Akten des ganzen Milchgewinnungsprozesses die Gefahr einer bakteriellen Verunreinigung besonders nahe liegt. Damit ergibt sich sofort

der einfache Plan der Untersuchung, damit die Möglichkeit, mit relativ wenigen aber einwandfreien Proben ein richtiges Bild zu erhalten. Wird der Bakteriologe aber nur zur Untersuchung benutzt, so kommt zu irgend einer unpassenden Zeit eine große Zahl dubiöser Proben ins Laboratorium, deren Verarbeitung (Zählung) eine außerordentliche Mühe macht, — womöglich ohne jedes vernünftige Resultat. Und nicht viel anders steht es mit anderen Objekten, die zur Untersuchung eingeschickt werden. Die bakteriologische Untersuchung ist gar nicht so sehr oft anwendbar, ist gar nicht so oft nötig, aber sie ist immer kostspielig und zeitraubend und nur der erfahrene Bakteriologe kann ermessen, wann sie einen Sinn hat. Es ist ja begreiflich, daß für irgend einen Zweck eine bakteriologische Untersuchung gewünscht wird, deren Resultat vielleicht wesentlich zur Beruhiung oder zur Empfehlung, kurz zur äußerlichen Bestätigung von Meinungen, die auf anderem Wege gewonnen wurden, benutzt werden soll. Und es ist deshalb nicht verwunderlich, wenn dem Bakteriologen ganz bestimmte Objekte zur Untersuchung überwiesen werden, aber daraus folgt noch lange nicht, daß man dem nachgeben soll. Der Bakteriologe lehne, wenn angängig, „bakteriologische Untersuchungen" einfach ab, und führe nur diejenigen aus, die er selbst auf Grund der Kenntnis der ganzen Sachlage für zweckentsprechend hält. Er ist eben auch für diese Fälle, ebenso wie dem Arzt gegenüber der bakteriologische Sachverständige, Berater, Gutachter, nicht aber der Plattengießer, Keimzähler und Präparatenfärber. Und wenn hier und da heute noch eine gewisse Abneigung dagegen besteht, den Bakteriologen als Sachverständigen zuzuziehen, und man ihn für einseitig und unbequem hält, so zeigt das eben eine Verkennung und Unterschätzung der richtig angewandten Bakteriologie.

Betrieb.

Über den Betrieb eines bakteriologischen Untersuchungslaboratoriums bestehen häufig falsche Vorstellungen. Ich möchte drei Typen unterscheiden, in denen die medizinische Bakteriologie wirklich nutzbringend verwertet werden kann. Einmal das bakterioskopische Zimmer, im wesentlichen geeignet für größere und kleinere Krankenanstalten. Es bedarf außer den gewöhnlichsten Laboratoriumsrequisiten nur guter Farben, eines guten Mikroskopes, einer Zentrifuge und eines wirklich guten Mikroskopikers; aber das kann natürlich auch eine Schwester oder irgend eine intelligente, auf bestimmte Objekte gut eingelernte Hilfskraft sein. Dieses Laboratorium genügt für die mikroskopische Erkennung des Tuberkelbacillus, des Gonococcus, von Eiteruntersuchungen, auf Streptokokken und Staphylokokken, eventuell auf Aktinomykose, manche Diphterie-



diagnose auf Grund des Originalpräparates ist so möglich, ebenso wie die Diagnose der Angina Vincenti, es reicht aus für Spirochäten, wie für den Bacillus des ulcus molle, für Malaria, für manche Meningokokkenuntersuchungen. Dazu kommen Pilzfeststellungen, abgesehen von den Entozoenuntersuchungen usw. Das bakterioskopische Zimmer ist auch für die Widalsche Reaktion zureichend, natürlich wenn sie mit toten Bakterien angestellt wird (also z. B. nach der Methode Pröscher oder nach Ficker oder dergl.). Auch der Tierversuch zu bestimmten diagnostischen Zwecken ist im bakterioskopischen Zimmer unter Umständen durchführbar, so der Meerschweintierversuch für besondere Fälle der Tuberkulose (z. B. der Nierentuberkulose), der Maustierversuch für Pneumokokken in geeigneten Fällen, denn das Resultat dieser Tierversuche läßt sich mit genügender Sicherheit auf bakterioskopischem Wege beurteilen. Aber freilich werden Tierversuche zweckmäßig nur dann ausführbar sein, wenn durch die Nähe anderer Institute jederzeit die Möglichkeit gegeben ist, die entsprechenden Tiere (männliche nicht zu kleine Meerschweinchen für Tuberkulose, weiße Mäuse) zu beschaffen, wenn ferner die Möglichkeit der Haltung und der sachgemäßen Beseitigung gegeben ist.

Das hier skizzierte bakterioskopische Zimmer ist dadurch gekennzeichnet, daß jedes Kulturverfahren prinzipiell ausgeschlossen ist. Denn die Einziehung des Kulturverfahrens setzt eine ganz andere Organisation, einen ganz anderen Betrieb voraus.

Aus dieser Beschränkung auf die Bakterioskopie, aus dem Ausschluß der eigentlichen Bakteriologie ergeben sich die Aufgaben des bakterioskopischen Zimmers von selbst. Es ist brauchbar und wertvoll für die klinische Diagnostik, ja es ist ein notwendiger Bestandteil des diagnostischen Apparates; aber es ist unzureichend für die medizinalamtlichen Untersuchungen, ist für die hygienische Bakteriologie unverwertbar und ist seiner Organisation nach nicht geeignet für die Erschließung neuer bakteriologischer Gebiete. Es kann neben seiner Hauptaufgabe, der Untersuchungstätigkeit, auch der Lehrtätigkeit dienen, eine Stätte der Forschung wird es nur in beschränktem Maße sein können. Daß ein bedeutender Mensch natürlich auch in solchem Laboratorium Bedeutendes finden und studieren kann, ist ja selbstverständlich, aber der Schwerpunkt liegt in klinisch-diagnostischen Untersuchungen und in der Unterweisung in diesen Untersuchungen. Nur bei dieser Beschränkung wird das bakterioskopische Zimmer Richtiges und in seiner Art Vollständiges leisten, aber auch das nur unter einer Bedingung: wenn der mit den Untersuchungen Beauftragte auf diesen Gebieten völlig sachverständig ist. Und dazu gehört ein gutes Auge und sehr viel Übung. Es ist zu bedenken, daß allein von dem mikroskopischen Urteil viel abhängt (Gonokokken, Meningo-

kokken usw.), daß jede kulturelle Bestätigung fehlt; um so gewissenhafter muß die Anfertigung der Präparate und das Mikroskopieren sein. Auch insofern gehört der richtige Mann an die richtige Stelle, als das dauernde Mikroskopieren mit starken Vergrößerungen anstrengend ist und nur wenige Stunden am Tage, etwa sechs, auf die Dauer gewissenhaft auszuführen sind. Dazu kommt das viele und naturgemäß häufig vergebliche Suchen. Diese Tätigkeit setzt eine gewisse Ruhe und Beschaulichkeit voraus, sie ist in ihrem Wesen von der experimentellen Tätigkeit toto coelo verschieden, und wer täglich um 8 Uhr früh vielleicht völlig fähig ist, klinisch tätig zu sein, braucht um diese Zeit noch nicht konzentriert genug zu sein, um wirklich gut und gewissenhaft zu bakterioskopieren. Ein Fehler ist es ferner, dem jungen klinischen Assistenten die Leitung dieses Zimmers anzuvertrauen; er muß sich die Erfahrungen erst erwerben, um dann einem Nachfolger Platz zu machen, bei dem das Spiel sich wiederholt. Wo bleibt da die Stetigkeit, wo die Sicherheit des für den Kliniker doch maßgebenden Urteils. Zur Stetigkeit des Laboratoriums gehört es auch, daß es dauernd in guter Ordnung sein muß, also unter einer erfahrenen Hand stehen muß, wenn es richtig funktionieren soll. Die Farben müssen gut sein nnd auf ihre Güte an gewissen Objekten geprüft werden, gewöhnlich wird eine kleine Demonstrationssammlung aus dem Laboratorium hervorgehen, die in Ordnung gehalten und ergänzt sein will, neue Färbmethoden sind zu probieren, eigene Modifikationen gegebenenfalls zu verfolgen. Kommt dazu — und das wird natürlich das Richtige sein — daß der Mikroskopiker auch pathologisch-mikroskopische Untersuchungen auszuführen hat (Harnzylinder, Blutproben, elastische Fasern usw.), so ergibt sich ein großes Arbeitsfeld, zu dessen wirklicher Beherrschung eine besondere Ausbildung an verschiedenen Instituten und eigene Erfahrung gehört. Der klinische Assistent aber soll an diesen Stellen unter sachverständiger Leitung mikroskopieren lernen und sich eine gewisse Erfahrung aneignen, so daß er auch in der Lage ist, in Urlaubs- usw. Zeiten den Mikroskopiker zu vertreten. Es ergibt sich damit die Organisation des bakterioskopischen Zimmers fast von selbst, es beansprucht wenig Platz, wenig Personal, geringe Mittel und es leistet Wichtiges und Richtiges, wenn es in seinen Aufgaben genau umschrieben wird. So darf z. B. nur Spinalpunktionsflüssigkeit auf Meningokokken untersucht werden, aber nicht Pharynxabstrich. Mit der bakterioskopischen Untersuchung von Pleuraexsudat wird man den Mikroskopiker im Hinblick auf das so selten verwertbare Resultat nicht behelligen, ein Sputum wird man nicht auf Influenzabazillen untersuchen lassen, denn das gibt im besten Falle eine Möglichkeits- nicht einmal eine Wahrscheinlichkeitsdiagnose. Auch Diphtheriebazillendiagnosen aus



Nasen- oder Augen- oder Scheidensekret sind abzulehnen; kurz die Grenzen der Untersuchung müssen denen, welchen die Untersuchungen des bakterioskopischen Zimmers zur Verfügung stehen, ganz genau bekannt sein; sie müssen auch die Entnahme des entsprechenden Materials kennen, denn aus schlechten Blutpräparaten kann man keine Malariadiagnose stellen, das Material zur Diagnose der weiblichen Gonorrhoe ist mit großer Sorgfalt zu entnehmen, ebenso das Material zur Untersuchung auf Syphilis-Spirochäten oder ulcus-molle-Bazillen, die Blutentnahme für die Widalsche Reaktion muß ebenso gelernt sein, wie man wissen muß, wenn es angezeigt ist, eine Widalreaktion anstellen zu lassen. Diese Punkte sollte jeder Arzt lernen, sicherlich jeder Krankenhausarzt, und die Unterweisung hierin gehört ebenso in das Bereich der Lehrtätigkeit des bakterioskopischen Zimmers, wie die Unterweisung in der Ausführung und Beurteilung der Untersuchungen. Wenn in den Krankenanstalten weniger „kultiviert" und dafür besser mikroskopiert würde, wenn eine Beschränkung in den Aufgaben, dafür strengere Anforderungen an ihre Ausführung gemacht würden, so würden viele überflüssigen Kosten und viel nutzlose Arbeit gespart werden, die klinische Diagnostik würde ebensolche Vorteile davon haben, wie die Wertschätzung der richtig angewandten Bakterioskopie. Das bakterioskopische Zimmer ist in seinen Aufgaben beschränkt, in der Richtigkeit der in sein Gebiet fallenden Untersuchungen darf es besser ausgerüsteten Laboratorien nicht nachstehen.

Der zweite Typ ist die bakteriologische Untersuchungsstation für medizinalamtliche Zwecke. Lassen wir dabei einmal zunächst Pest- und Choleraantersuchung aus dem Spiele, so ist das Gebiet dieses Laboratoriums leicht zu umgrenzen. Es muß außer der Möglichkeit, bakterioskopische Aufgaben auszuführen, noch diejenigen kulturellen bakteriologischen Anforderungen erfüllen, die für die medizinalamtliche Tätigkeit erforderlich sind, wie die kulturelle Diagnostik des Diphtheriebacillus, des Typhus- und Paratyphusbacillus, des Dysenteriebacillus, des Meningococcus aus Lumbalflüssigkeit, des Rotzbacillus, des Milzbrandbacillus. Dazu kommen gegebenenfalls Zählungen von Wasserplatten und Milchplatten oder dergleichen. Um diese Untersuchungen ausführen zu können, bedarf das Laboratorium der Organisation und der Einrichtung, die zur Herrichtung und Sterilisierung der verschiedenen Entnahmepaketchen erforderlich sind, weiterhin der Einrichtung für die verschiedenen Nährböden und für die Züchtung. Das Laboratorium muß ferner immer schlagfertig und völlig zuverlässig in seinen Diagnosen sein, denn von dem bakteriologischen Urteil hängt häufig mehr ab, als von der Untersuchung, die lediglich zu klinisch-diagnostischen Zwecken ausgeführt wird. Das Eingreifen des Medizinalbeamten und das Aufhören medizinalamtlicher



Anordnungen sind häufig genug die direkte Folge des bakteriologischen Urteils. Es muß deshalb ein solches Laboratorium in seinen Urteilen von den „Wahrscheinlichkeitsdiagnosen“ absehen und nur Methoden anwenden, die nach dem heutigen Stand unseres Wissens ein sicheres Urteil erlauben. Die typischen Fälle sind es also, auf die ein solches Laboratorium eingestellt sein muß, und zwar nicht die typischen Krankheitsfälle, sondern die Bakterienbefunde; es soll ja dem Medizinalbeamten mitgeteilt werden, wo die Erreger des Typhus usw. gefunden werden, gleichgültig ob der Fall ein Typhus ist. Die Anstellung der Widal-Reaktion wird deshalb gegenüber dem Bazillennachweis für dieses Laboratorium an Bedeutung zurücktreten, denn aus der bloßen positiven Widal-Reaktion folgt für den Medizinalbeamten noch nicht in jedem Falle die Notwendigkeit des Einschreitens. Die unbedingte Sicherheit, die von dem Laboratorium zu verlangen ist, bedingt eine gewisse Verzögerung der Beantwortung, die praktisch nicht sehr bedeutungsvoll ist, da der Medizinalbeamte bei dringendem Verdacht seine provisorischen Maßnahmen trifft, bis die definitive Antwort des Laboratoriums vorliegt. Von besonderer Bedeutung sind die negativen Befunde dieses Laboratoriums, von denen häufig das Aufhören medizinalamtlicher Anordnungen abhängt. Ein negativer Befund kann aber viel leichter durch einen Mißgriff vorgetäuscht werden als ein positiver. Irgend eine Zufälligkeit auf dem langen Wege, den das Material von der Entnahme bis zur definitiven Erledigung zu durchlaufen hat — das Versagen eines Brutofens, ein ungeeigneter Nährboden, ein unglücklich angelegter Plattensatz, usw. —, genügen zu einem unbeweisenden negativen Urteil. Und selbst die Wiederholung schützt nicht immer vor Mißerfolgen. Eine Schwierigkeit liegt in der sehr wechselnden Frequenz eines solchen Laboratoriums. Ein Genickstarrefall kann plötzlich eine große Reihe sehr komplizierter und zeitraubender Untersuchungen hervorrufen, ein paar Typhusfälle können eine Art Mobilmachung bedeuten, während zu anderen Zeiten heiliger Friede herrscht. Aber plötzlich kann sich das wieder ändern und das Laboratorium muß dauernd gerüstet sein. Es wird nicht leicht sein, die Abgrenzung der Aufgaben eines solchen Laboratoriums so zu treffen, daß sie der Größe des Betriebes jeder Zeit — Sonntags, zu Urlaubs- oder Krankheitszeiten — entsprechen. Besonders zeitraubende Untersuchungen, die auch besondere Ansprüche an Nährböden oder dergleichen stellen, z. B. die Diagnose der Meningokokken aus Pharynxsekret, die Diagnose Rotzbacillus usw. wird man den kleinen Laboratorien dieses Typs insofern abnehmen können, als Zentralstellen (Laboratorien des größeren Typs) angewiesen werden, diejenigen Stämme, die ihnen von den kleineren Laboratorien als Reinkulturen und voruntersucht zugehen, zu identifizieren.



Es fällt dann den kleineren Untersuchungsstellen die Verarbeitung des Falles bis zur Herstellung der Reinkultur und diejenige Vorprüfung, die in ihrem Betrieb leicht möglich ist, zu.

Außerhalb des Rahmens solcher Untersuchungsstellen liegen die wesentlich zu klinisch-diagnostischen Zwecken auszuführenden Untersuchungen, z. B. Eiteruntersuchungen, Sputumuntersuchungen auf Pneumokokken, auf Influenzabazillen, auch größere Lehrtätigkeit gehört nicht zu ihren Hauptaufgaben, ebensowenig wie die Forschung. Nur wenn diese Art von Untersuchungsstellen in ihrer Aufgabe streng umgrenzt sind, wird sich auch die ziemlich schwierige Personalfrage leicht lösen lassen; es ist außerordentlich geeignet, um dem jüngeren freilich wohl ausgebildeten Bakteriologen eine Stelle zu sein, wo er mit eigener Verantwortung sich eigene Erfahrungen auf einem umgrenzten aber wichtigen Gebiete angeeignet, es ist der notwendige Übergangsposten für den jüngeren Bakteriologen, keine Lebensstellung oder Lebensaufgabe. Diese Stellung verlangt frische Kräfte, die auch der gelegentlich starken Häufung von Arbeit gewachsen sind, die immer auf dem Posten sein müssen; diese Stellung verlangt aber nicht einen allseitig Erfahrenen, der in schwierigen Lagen und auf vielerlei Gebieten wertvollen Rat zu geben in der Lage ist. Und es verträgt diese Stellung auch den öfteren Wechsel in der Leitung, der durch die Stabilität des Unterpersonals ausgeglichen wird.

Das komplette bakteriologisch-hygienische Laboratorium ist dann der dritte Typ, das naturgemäß die Aufgaben des bakterioskopischen Zimmers wie diejenige der kleineren medizinalamtlichen Untersuchungsstelle umfaßt, ohne darauf beschränkt zu sein. Es gehören in den Kreis seiner Tätigkeit deshalb abgesehen von den bereits erwähnten Untersuchungen, hygienisch-bakteriologische Aufgaben größeren Umfangs (betreffend Desinfektion, Milch, Wasser, Abwässer), ferner bakteriologische Untersuchungen für klinisch-diagnostische Zwecke, auch wenn sie kein medizinalamtliches Interesse haben, gegebenenfalls bakteriologische Untersuchungen aus dem Gebiete der Tierpathologie und Tierhygiene. Bakteriologische Identifizierungen, soweit dazu ein größerer Betrieb nötig ist, gehören ebenfalls zu seiner Tätigkeit, wie die dauernde Bereithaltung bakteriologischer Testobjekte (geprüfte Kulturen, eingestellte Sera usw.). Zu seiner Hauptaufgabe außer der Untersuchungstätigkeit gehört noch die Lehrtätigkeit und die Forschung, denn eine Reihe von bakteriologischen Methoden ist noch verbesserungsbedürftig und gerade ein größerer Betrieb bietet Material und Gelegenheit zur Bearbeitung. Die Anforderungen, die an ein solches Laboratorium zu stellen sind, sind dementsprechend sehr erheblich. Die am schwersten zu erfüllende ist die dauernde Schlagfertigkeit. Die Entnahme des Untersuchungsmaterials am Krankenbett

läßt sich nicht nach den üblichen Laboratoriumsstunden einrichten, es wird häufig spät abends bis das Material auch bei beschleunigter Beförderung im Laboratorium eintrifft. Das eintreffende Material muß aber sobald als möglich, jedenfalls noch am selben Tage in sachverständige Hände kommen, wenn es richtig angesetzt werden soll; denn ein auf Meningokokken zu untersuchendes Objekt ist ganz anders zu behandeln, wie ein auf Diphtheriebazillen oder Typhusbazillen zu untersuchender Fall. Es ist ein Ding der Unmöglichkeit, daß derselbe Sachverständige, der tagsüber angestrengt tätig war, auch abends oder nachts, Wochentags oder Sonntags, kurz jederzeit bereit ist; mit seinem Urlaub, mit seiner Erkrankung ist zu rechnen er muß dann von einem ebenfalls Sachverständigen vertreten sein. Und selbst das Hilfs- und Unterpersonal muß sachverständig sein. Der Bakteriologe hängt mehr als irgend jemand von seinem Personal ab. Er kann nicht jedes Waschen, jede Nährbodenbereitung, jede Sterilisierung überwachen; er kann auch nichts wiederholen, er muß die Dinge auf Treu und Glauben in Gebrauch nehmen, und er kann nur hier und da Stichproben und Kontrollen machen. Er bedarf also eines besonders zuverlässigen Personals, das auch nicht häufig wechseln darf, wenn der Betrieb nicht versagen soll. Dazu kommt, daß das dauernde Hantieren mit pathogenen Bakterien und mit infiziertem Material eine besondere Schulung und einen besonders hohen Grad von Verläßlichkeit voraussetzt, wenn nicht Laboratoriumsinfektionen und Schlimmeres entstehen sollen. Selbst der Laufbursche muß Verantwortlichkeitsgefühl haben. Er darf nicht aus Spielerei oder Renommisterei beim Abholen von Untersuchungsobjekten mit dem Material Unfug treiben, es in der Trambahn liegen lassen oder dergleichen. Und auch das Hilfs- und Unterpersonal muß so zahlreich sein, daß jederzeit Vertretung möglich ist. Nicht der „normale Zustand" darf die Basis für die Berechnung der Zahl des Personals sein, sondern die Feiertags-, Urlaubs- oder Krankheitszeiten müssen die Norm sein. Wenn zu Urlaubszeiten alles gut und prompt erledigt werden kann, dann kann zu anderen Zeiten auch einmal eine Hochflut von Material kommen, dann kann in ruhigen Zeiten dafür gesorgt werden, daß das notwendige Test- und Demonstrationsmaterial in Ordnung ist, es kann dann an die Bearbeitung bestimmter Fragen herangetreten werden. Und schließlich ist der bureaumäßige Teil eines solchen Laboratoriums nicht zu unterschätzen. Wenn nicht die größte Verwirrung einreißen soll, wenn nicht die Früchte der vielen Arbeit verloren gehen sollen, wenn nicht im Wiederholungsfalle doppelte Arbeit entstehen soll, ist eine ausgedehnte Registrierung absolut notwendig. Und man mag diesen Teil noch so raffiniert einrichten, es bleibt ein großes Schreibwerk und eine große Registriertätigkeit übrig, für den Untersuchungsdienst, für die Gutachten, die An-



fragen, für die Notierungen des Kulturbetriebes, der Versuchstiere, der Testsera usw. Ein solches komplettes bakteriologisch-hygienisches Laboratorium ist dann kein kleiner Betrieb, an dessen Spitze ein erfahrener Fachmann gehört, der über eine sachverständige Vertretung verfügt. Besonderen Wert ist auf die Gehaltsverhältnisse des Hilfs- und Unterpersonals zu legen, damit eine Stabilität des Betriebes für lange Zeit zu erwarten ist. Dazu kommt, daß der Betrieb nicht ungefährlich ist, aber eine Laboratoriumsinfektion im versicherungstechnischen Sinne keinen Unfall darstellt. Die drei Aufgaben des kompletten bakteriologisch-hygienischen Laboratoriums können auch als drei Abteilungen gedacht werden, die Untersuchungsabteilung, die Abteilung für Forschung und die Demonstrations- und Lehrabteilung. So verschieden die Aufgaben der Abteilungen sind, so verschieden muß auch der Betrieb und die Arbeitsmethodik sein. Während z. B. für das gesamte Personal der Untersuchungsabteilung eine straffe Betriebsordnung und -Einteilung mit entsprechender Aufsicht absolute Notwendigkeit ist, wäre es verkehrt, das Gleiche auf die Forschungsabteilung anzuwenden. Das Forschen ist nur ersprießlich, wenn es, wie jede produktive Tätigkeit, nicht an die Grenzen von Dienststunden oder dergleichen gebunden ist; hier soll so viel oder so wenig gearbeitet werden, wie es gerade die spezielle Aufgabe erfordert. Lehr- und Unterrichtsaufgaben lassen sich auf bestimmte Termine festlegen, zwischen denen längere Zeiten liegen können, geeignet für die Vorbereitungen. Und diese drei Abteilungen gehören auch zueinander: Die Untersuchungsabteilung liefert das notwendige Material für die Forschung und den Unterricht und empfängt aus der Forschungsabteilung neue Methoden, neue Erkenntnisse, aus der Unterrichtsabteilung den vorgeschulten Nachwuchs. Die Forschungsabteilung verfolgt die selteneren Befunde, prüft und ersinnt Neues. Für ihre Methoden gibt es keine allgemeinen Gesichtspunkte, keine Methode kann zu kompliziert oder zu fein sein, als daß es nicht vielleicht einmal notwendig wäre, sie in einem wichtigen Einzelproblem zur Anwendung zu bringen.

Die Aufgabe der Abteilung ist die Lösung von Problemen, von Problemen, die den Bearbeitern aufgetragen werden und von solchen, die sich während der Bearbeitung ergeben. Was das Problem für die Forschungsabteilung, ist der „Fall“ für die Untersuchungsabteilung, die richtige und prompte Bearbeitung jedes einzelnen Falles ihre Aufgabe. Nur eine sichere und festgelegte Methodik ermöglicht den ruhigen Gang dieser Abteilung. Und die Methodik braucht nicht allerwärts die gleiche zu sein, man kann auf verschiedenen Wegen zu gleichem Ziele kommen. Aber jede Untersuchungsabteilung muß nach einem gewissen Schema arbeiten. Und die Methoden müssen womöglich so gewählt sein, daß die



Resultate leicht kontrollierbar sind, denn nur dann ist es dem Leiter möglich, eine wirkliche Verantwortung für die Befunde zu übernehmen. Es sind deshalb für den Untersuchungsbetrieb alle Methoden zu bevorzugen, deren Resultate leicht und sicher zu beurteilen sind — gleichgültig ob der Ansatz der Methode vielleicht komplizierter ist als der einer anderen. Das sinnfällige Resultat muß das Ziel der Methode sein, nicht der bequeme Ansatz. Aus diesem Grunde z. B. bevorzuge ich, abgesehen von allem anderen unsere von Pröscher mitgeteilte Technik der Agglutinationsprüfung vor der Kolleschen; aus demselben Grunde eignet sich Staphylokokkus pyogenes citreus, der gut Löfflerserum verflüssigt, oder ein Mikrok. quadrigeminus besser zum Desinfektionsversuch als ein anderer Staphylokokkus, Streptokokken wird man nur aus der Bouillonkultur diagnostizieren, Pneumokokken nur vom Mäuseversuch aus oder dergleichen mehr. Wochenlange Identifizierungen, die in das Gebiet der wissenschaftlich strittigen Fragen fallen, gehören nicht in die Untersuchungsabteilung, sondern in die Forschungsabteilung.

Es kann nicht der Zweck dieser Zeilen sein, die vielen Kleinigkeiten aufzuführen, die zum rationellen Betriebe gehören. Wo die Aufgabe und Ziele eines der drei skizzierten Laboratorien scharf abgegrenzt sind, wo die Bemessung der Räumlichdeiten, des Etats, der Quantität und Qualität des Personals in Harmonie mit den Aufgaben des Laboratoriums stehen, da wird auch ein Betrieb entstehen, der allen berechtigten Anforderungen entspricht, der zwar vielleicht nicht immer billig, aber niemals nutzlos arbeitet.



Biologische Abwasserreinigung.

Zur Charakteristik der Oxydationsverfahren.

Von

Dr. A. Lübbert in Hamburg.

Die Kanalisation der Städte, wie sie heute ausgeführt und von allen größeren Gemeinden angestrebt wird, ist eine Errungenschaft der Neuzeit als Ausdruck jener heilsamen Reaktion, welche verheerende Volksseuchen, vor allem die Cholera, auf dem Gebiet der Städteassanierung veranlaßten. Durch die unhaltbaren Zustände aber, die sich sehr bald herausstellten als Folge des Hinausspülens alles abschwemmbaren Unrates in die Flüsse, sah man sich gleichzeitig gezwungen, die Abwasserreinigung zu diskutieren. Denn wenn die segensreichen, in der Herabsetzung der Morbidität und Mortalität zu klarstem Ausdruck kommenden Wirkungen der Kanalisation nicht zu bezweifeln waren, so mußten eben Mittel und Wege gefunden werden, um trotz Beibehaltung des Systems tout à l'égout jene verhängnisvollen Folgen in den öffentlichen Gewässern zu vermeiden. Es kann dies naturgemäß einzig und allein durch eine präliminare Reinigung der Abwässer geschehen. Hier hat man versucht Standardzahlen festzustellen, bestimmt fixierte Bedingungen, welche erfüllt werden sollten, ehe die Erlaubnis zur Einleitung in den Vorfluter gegeben werden sollte. Ist es aber gerechtfertigt, einer kleinen, an einem mächtigen Strom gelegenen Stadt dasselbe aufzuerlegen, wie einer mächtigen, an einem kleinen Flüßchen gelegenen Kapitale? Wenn hier notwendigerweise schon aus finanziellen Gründen individualisiert werden muß, so werden die jeweiligen lokalen Bedingungen entscheiden, welchen Reinheitsgrad der Abwässer die Verhältnisse des Vorfluters erfordern, um hiernach das Verfahren zu



wählen, welches diesen unbedingt notwendigen Reinheitsgrad der Abwässer am sichersten und billigsten gewährleistet. Das Verhältnis von Menge und Konzentration der Abwässer zur Beschaffenheit des Vorfluters, d. h. zur Summe aller jener komplizierten Verhältnisse, die seine Selbstreinigungskraft bedingen, wird den Ausschlag geben. In den günstigsten Fällen wird es ausreichen, dem ästhetischen Gefühl zu genügen durch Entfernung aller grobsinnlich wahrnehmbaren, oberflächlich flottierenden Schwimmstoffe, bzw. der Sinkstoffe, d. h. derjenigen Körper, welche sich schon bei der geringsten Stromverlangsamung zu Boden setzen. Gitter, Netze, Siebe, Rechen und Sandfänge entsprechen diesem Zweck. Liegen die Dinge weniger günstig, so wird man auch einen Teil der Schwebestoffe etwa bis 3 mm Durchmesser entfernen, während in einem dritten Fall auch die feineren Schwebestoffe möglichst ausgiebig beseitigt werden müssen. In diesen Fällen hat man von geeignet konstruierten Absitzbecken Erfolg, wobei man unter Umständen den Prozeß durch chemische Fällung wirksamer gestalten kann bei eventueller Benutzung von Klärbrunnen oder Klärtürmen. Der Gedanke, durch diese chemische Fällung etwa dungwertige oder technisch verwertbare Stoffe aus den Abwässern gewinnbringend herzustellen, hat sich nicht realisieren lassen und ebensowenig ist es geglückt, auf chemischem Wege den Abwässern ihren offensiven Charakter, ihre Fäulnisfähigkeit zu nehmen.

Während es somit gelingt, auf mechanisch-chemischem Wege den Abwässern Schwimm-, Sink- und Schwebestoffe zu entziehen, so lassen alle diese Verfahren im Stich, sobald die Reinhaltung des Vorfluters die Forderung stellt, daß die Abwässer auch von gelösten fäulnisfähigen Substanzen befreit, bzw. ganz fäulnisunfähig gemacht sein müssen. Diese Bedingung erfüllt die Berieselung, welche nicht nur die Unschädlichmachung der Abwässer herbeiführt, sondern auch die Verwertung der in ihnen enthaltenen Pflanzennährstoffe ermöglicht. Auf den ursprünglich aus diesem Landwirtschaftsbetriebe erhofften finanziellen Gewinn hat man verzichten gelernt, und ebenso weiß man heutzutage, daß eine erhebliche Zahl der Städte überhaupt nicht rieseln kann, weil geeignetes Gelände in genügender Nähe nicht vorhanden ist. Was von der Berieselung gilt, das trifft auch für die „intermittierende Filtration" oder auch einfach „Bodenfiltration" genannt zu, welche ja weiter nichts anderes ist als eine intensive Berieselung auf beschränktem Raum unter prinzipieller Verzichtleistung auf den Pflanzenwuchs. Bei der Berieselung belastet man die Felder mit einer Abwassermenge von durchschnittlich 5 mm Höhe täglich, so daß sich, ein Wasserverbrauch von 100 Liter pro Kopf und Tag angenommen, auf 1 ha Fläche 50 cbm, d. h. die Abwässer von 500 Personen reinigen lassen. Bei der intermittierenden Bodenfiltration können wir,



ohne ein Nachlassen der qualitativen oder quantitativen Leistung befürchten zu müssen, einen geeigneten Boden mit wenigstens 5 ^{cm} Abwasser täglich belasten, d. h. wir können auf 1 ^{ha} Filterfläche 500 ^{cbm} oder die Abwässer von wenigstens 5000 Personen reinigen. Diese auf Frankland und das Jahr 1870 zurückzuführende „Bodenfiltration" hat durch die Gesundheitsbehörde von Massachusetts auf deren Versuchsstation in Lawrence wissenschaftlich klassische Bearbeitung erfahren, und hat das Verfahren in einer größeren Anzahl kleinerer und mittlerer Städte in Amerika erfolgreiche Einführung gefunden, nachdem übrigens schon im Jahre 1871 Baily Denton in Merthyr Tydfil mit der als Notbehelf in Anwendung gebrachten Franklandschen Filtration Jahre lang günstigste Erfolge erzielt hatte. In Deutschland hat im Jahre 1900 Dünkelberg in Essen einen verfehlten Versuch mit dieser Methode gemacht, während neuerdings Dunbar eine Reihe, zum Teil experimentelle Arbeiten über die Wirkungsweise der intermittierenden Filter veröffentlichte und darauf aufmerksam machte, daß sich die intermittierende Bodenfiltration auch für Deutschland empfehlen dürfte. Daß die obersten Bodenschichten im Laufe der Jahre durch Ansammlung unzersetzlicher Stoffsubstanz allmählich insuffizient werden, daß eine Verkrautung des Vorfluters vorkommen kann, weil die Abflüsse außerordentlich reich an Pflanzennährstoffen sind, das fällt nicht so in's Gewicht gegen eine allgemeine Anwendung der Methode, als vor allem die Tatsache, daß sich geeignetes Gelände noch viel schwieriger finden läßt als für die eigentliche Berieselung. An künstliche Herstellung intermittierender Filter konnte nicht gedacht werden, der Versuch aber, auf experimentellem Wege die Bedingungen für stärkste Inanspruchnahme festzustellen, war die Veranlassung zur Entwicklung der künstlichen biologischen Verfahren.

Im Jahre 1892 beauftragte die Londoner Drainagekommission den Stadtchemiker Dibdin die in Lawrence gemachten Beobachtungen nachzuprüfen, worauf man in Barking mehrere kleine Filter mit wasserdichten Wandungen baute und mit verschiedenartigem Material füllte. Da diese Vorversuche zugunsten von Cokes ausfielen, so kam dieser in einem großen Filter von 0·4 ^{ha} Oberfläche bei 3 Fuß Tiefe zur Verwendung.

Dieses Filter wurde mit Abwässern der Stadt London beschickt, die man zuvor einer Klärung durch Kalk und Eisensulfat unterzogen hatte, und arbeitete dasselbe mehrere Jahre mit gutem Erfolg, bei dreimal täglicher Beschickung. Von dem Franklandschen Vorgehen, bei welchem man das Abwasser intermittierend versickern ließ, war man nur insofern abgewichen, als man das Abwasser im Filter jedesmal für eine Stunde aufstaute, um zu verhindern, daß es durch das grobe Material, Cokesgrus mit einer Bedeckung von grobem Sand, allzuschnell hindurchlief. Dibdin

16*



nannte dies Vorgehen das „biologische Verfahren“. Dunbar gab ihm die Bezeichnung „Oxydationsverfahren“. Hiermit wollte er nicht sagen, daß in den Abflüssen der Reinigungsanlage Salpetersäure oder andere Oxydationsprodukte nachweisbar sein müssen, sondern er wollte hervorheben, daß bei den sich abspielenden Zersetzungsvorgängen Sauerstoff so frühzeitig und in solcher Menge zugeführt wird, daß die Entstehung stinkender Fäulnisprozesse vermieden wird. Durch diese Bezeichnung wird freilich nur einer der wirksamen Faktoren hervorgehoben. Ganz besonders betonte Dunbar schon damals, daß alle wesentlichen Vorgänge ihren Grundzügen nach durchaus nicht unbekannt sind. Bei dem Oxydationsverfahren kommen Naturkräfte, die seitens der Agrikulturchemiker schon lange beobachtet worden sind, und deren Wirkungsweise insbesondere durch Wollny klargestellt wurde, in systematischer Weise zur Anwendung. Die Vorgänge, welche sich im gewachsenen Boden, beeinflußt durch die örtlichen Verhältnisse, bald intensiv, bald langsamer abspielen, werden bei dem Oxydationsverfahren in willkürlicher, von den lokalen Verhältnissen unabhängiger Weise, zu höchster Entfaltung gebracht.

Das Dibdinsche Verfahren, bei welchem die Filter intermittierend gefüllt und entleert werden, bezeichnet man auch als Kontaktverfahren. Neuerdings geht man dazu über, die Abwässer, tropfenförmig über die Reinigungskörper verteilt, in ununterbrochenem Regen durch dieselben hindurch zu schicken. Bei solchen Anlagen, Tropfkörper, continuous filters, percolating beds genannt, bleibt der Abfluß ständig offen, während er bei den intermittierenden Verfahren abwechselnd geöffnet und geschlossen werden muß.

Auch befindet sich das Abwasser in fortdauernder Bewegung. Die einzelnen Tropfen breiten sich über die Oberfläche der Schlackenstücke, auf die sie fallen, aus und überziehen dieselben in dünnster Schicht. Der nächste herunterfallende Tropfen verdrängt eine entsprechende Wassermenge, welche sich wieder an geeigneter Stelle, z. B. einer kleinen vorspringenden Zacke zum Tropfen formt, der seinerseits wieder auf ein tiefer liegendes Schlackenstück fällt, wo er sich wiederum in dünnster Schicht ausbreitet. So geht das Spiel der Tropfenbildung und Ausbreitung in fortdauerndem Wechsel unzählige Male vor sich, bis die einzelnen Tropfen die Sohle des Körpers erreicht haben, wo sie sich sammeln und abfließen. Daß bei diesem „Tropfverfahren“ die denkbar günstigsten Verhältnisse für Austausch von Gasen und gelösten Stoffen gegeben sind, daß sich auch den Mikroorganismen ausgezeichnete Entwicklungsbedingungen bieten, liegt auf der Hand.

Nächst dem Kontakt, und Tropfverfahren kann man schließlich die Faulung in Gruben für den Abbau fäulnisfähiger Substanzen nach dem

Vorgang von Cameron in Exeter heranziehen. Wollte man diesen Prozeß bis zur völligen Ausfaulung durchführen, so würde er über die Gebühr Zeit in Anspruch nehmen. Man verwendet daher diese Faulung nur in Verbindung mit Reinigungsanlagen als Vorbereitung der Abwässer und bezeichnet diese Kombination als „Faulverfahren". Offene Faulbehälter nennt man Faulbecken, während man von einem Faulkammerverfahren spricht, sobald bedeckte, überwölbte, oft möglichst luftdicht geschlossene Kammern verwandt werden.

Faulkammern lassen eine, beim Oxydationsverfahren unerwünschte Abkühlung der Abwässer und Geruchsbelästigung vermeiden, während ein Nachteil darin besteht, daß die sich bildende Schwimmdecke oft so weit zunimmt, daß sie die ganze Kammer mehr oder weniger ausfüllt, womit sich eine Ausräumung nötig macht, bei der es ohne penetrantesten Gestank nicht abgeht. Bei Faulbecken wird diese Schwimmdecke unter dem Einfluß des Luftzutrittes in der wärmeren Jahreszeit von Lebewesen aller Art verzehrt. Dunbar beobachtete, daß sich bei rein häuslichen Abwässern eine fast vollständige Schlammaufzehrung durch den Faulprozeß erreichen läßt. Straßendetritus, wie ihn das Sammelsystem mitbringt, oder mineralische Stoffe, welche manchen Industrien entstammen, verringern natürlich die Verzehrung des Schlammes. Im übrigen wird er unter dem Faulprozeß leichter manipulierbar, da er durch Verlust des Wasserbindungsvermögens stichfester wird. Je nach der Art der zu behandelnden Abwässer und der Ausgestaltung der Faulbecken- oder Kammern, ebenso wie nach der Dauer des Aufenthaltes der Abwässer in diesen Behältern, verringert sich die Menge der festen Substanzen um etwa 30 bis fast 100 Prozent, während auch gleichzeitig die gelösten Stoffe teilweise abgebaut werden. In diesen Momenten liegt der Wert des Faulprozesses als Vorbereitung für die nachfolgende biologische Reinigung. Ein integrierender Bestandteil ist er nicht, vielmehr ist die Frage diskutierbar, ob es nicht überhaupt irrationell ist, den Zersetzungsprozeß mit Reduktionen einzuleiten, um ihn dann unter Umstimmung, bzw. Ausschaltung aller wirkenden Faktoren und Einführung anders gearteter, durch Oxydationen zu Ende zu führen. — Eine Schönung so behandelter Abflüsse durch Sandfilter ist jedenfalls schwieriger als bei einfachem Oxydationsverfahren. Dunbar konnte feststellen, daß sich der Oxydationsprozeß am günstigen abspielt bei ganz frischen Abwässern, andererseits meint er, könne es sich aus praktischen Gründen empfehlen, auf die Reinigung der ganz frischen Abwässer zu verzichten. Die Behauptung, daß die Abwässer vorgefault sein müßten, ehe man sie in biologischen Körpern weiter behandeln könne, ist als widerlegt anzusehen.

Nimmt man das Faulverfahren unter die künstlichen biologischen

Methoden auf, so stellt man den natürlichen biologischen Verfahren:

1. der Berieselung und
2. der intermittierenden Bodenfiltration

als künstliche biologische Verfahren gegenüber:

I. Oxydationsverfahren.

a) Kontakt- oder intermittierendes Verfahren.
b) Tropfverfahren,
  α) mit apparativer Wasserverteilung,
  β) ohne solche; Schalentropfkörper (Dunbar).

II. Faulverfahren.

a) Faulkammer.
b) Faulbecken.

Während also die natürlichen biologischen Verfahren sich des natürlich gewachsenen Bodens bedienen, macht die zweite Gruppe die künstlichen biologischen Verfahren von den örtlichen Verhältnissen ganz unabhängig und konstruiert bei sehr viel kleineren Abmessungen künstliche Zersetzungsräume.

Während weiter durch die Berieselung und intermittierende Bodenfiltration pro Hektar die Abwässer von 500 bzw. 5000 Personen gereinigt werden können, kann ein Oxydationskörper von 1 m Höhe und durchschnittlich 25 Prozent Porenvolumen bei zweimaliger Füllung täglich auf den Hektar die Abwassermenge von 50000 Personen reinigen. Eine weitere quantitative Steigerung zeigt der Tropfkörper. Bei Verwendung von Sprengerapparaten, als da sind:

1. Festliegende gelochte Platten (Stoddart),
2. Festliegende gelochte Röhren (Corbett) und Düsen (Birmingham),
3. Bewegliche gelochte Röhren:
   a) Abwasserrückstoß Sprinkler (Whittaker, Andy-Caink),
   b) Motorbetrieb (Scott-Moncrieff),
4. Bewegliche offene Rinnen:
   a) Abwasserdruck (Mather-Platt), Turbinenverteiler, Fiddian Wasserradwalzen,
   b) Motorbetrieb (Wilcox),
5. Fest montierte Sprenger,

können bei zufriedenstellenden qualitativen Leistungen auf den Quadratmeter 2 cbm Abwasser gereinigt werden, das heißt auf den Hektar die



Abwässer von 200000 Personen. Beim Dunbarschen Schalentropfkörper wird, unter Vermeidung jeder apparativen Vorrichtung, die Verteilung lediglich durch eine in Form einer flachen Schale angeordnete feinkörnige Deckschicht aus Schlacke bewirkt. Diese Deckschicht setzt dem Abwasser einen gewissen Widerstand entgegen, saugt sich wie ein Schwamm voll und läßt das Wasser von ihrer Unterfläche, in Tropfen aufgelöst, regenartig auf den sie tragenden Unterbau fallen, der aus demselben oder sonst geeigneten, aber an Korngröße allmählich zunehmenden Material aufgebaut ist. Maßgebend war für Dunbar bei der Ausbildung seines „Schalentropfkörpers" in erster Linie, daß auch die Behandlung solcher Abwässer ermöglicht werde, die nicht ganz frei von suspendierten Stoffen sind. Zweitens sollten die Abwässer zur Versickerung gelangen, ohne frei durch die Luft zu fallen, und drittens sollte der biologische Körper sich in seinen Höhenverhältnissen dem jeweiligen Gefälle möglichst weitgehend anpassen können. Bei bestem Erfolg verarbeitet dieser Schalentropfkörper 1 ^{cbm} pro Quadratmeter, d. h. pro Hektar die Abwässer von 100000 Personen. Unter diesem „besten Erfolge" ist vor allem zu verstehen, daß eine durchgreifende, bis zur vollständigen Beseitigung aller fäulnisfähiger Substanz gehende Reinigung stattgefunden hat. Die künstlichen biologischen Verfahren leisten daher qualitativ dasselbe, wie Berieselung und intermittierende Bodenfiltration, während sie diesen beiden natürlichen biologischen Verfahren bezüglich der quantitativen Leistung ganz außerordentlich überlegen sind. Dagegen darf als festgestellt angesehen werden, daß gewisse Infektionserreger durch die Oxydationskörper hindurchgehen, während die natürlichen biologischen Verfahren in ihrem gewachsenen Boden eine größere, wenn auch nicht absolute Gewähr für die Ausscheidung von Infektionserregern bieten. Diese Tatsache vermag aber den Wert der Oxydationsverfahren nicht zu beeinträchtigen, nachdem man sich daran gewöhnt hat, öffentliche Gewässer von vornherein stets als infektionsverdächtig anzusehen. Die Gewißheit, daß mit den Abwässern keinerlei Infektionserreger in die Flußläufe gelangen, würde nichts an der Forderung ändern, das Wasser öffentlicher Gewässer nur nach geeigneter Vorbehandlung zum Trinken oder für Zwecke des Haushaltes zu verwenden. Demnach ist die Frage der Desinfektion der Abwässer auch nicht a priori zu verquicken mit der künstlichen biologischen Reinigung. Unsere gesetzlichen Bestimmungen über die Behandlung infektiöser Menschen geben eine gute Gewähr dafür, daß die Bedingungen für das Hineingelangen von lebenden Infektionserregern in die Abwässer auf ein solches Maß reduziert sind, daß die Flußbadeanstalten und die Schiffer nicht besonders exponiert sind. Schließlich möchte man meinen, daß gerade die künstlichen biologischen Ver-

fahren sich mit der Desinfektionsfrage besser als jede andere Abwasserreinigungsmethode abfindet, nachdem die aus dem Hamburger hygienischen Institut veröffentlichten Arbeiten nachgewiesen haben, daß geeignet mechanisch vorbehandelte Abwässer (Entfernung der Schwebestoffe bis 1 mm Durchmesser) sich durch Chlorkalkzusatz 1:5000 genügend desinfizieren lassen und daß diese desinfizierten Abwässer ohne vorherige Neutralisation des überschüssigen Chlors auch im Großbetriebe mit gutem Erfolg künstlich biologisch gereinigt werden können, wozu jedes Klärbecken von geeigneter Bauart ausreicht, wie wir dasselbe den Oxydationskörpern zwecks Vorreinigung der Abwässer vorschalten. Der Forderung des englischen Local Government Board, Landnachbehandlung zu fordern, um eine größere Sicherheit der Bakterienausscheidung zu gewährleisten, wird man daher nicht folgen. Wenn aber die unvollkommene Zurückhaltung von Infektionserregern durch die Oxydationsverfahren keine entscheidende Rolle spielt, so füllt diese Abwasserreinigung tatsächlich eine Lücke aus, die oft schwer genug empfunden worden ist. Während es früher für die meisten Städte eine Unmöglichkeit war, die Forderung zu erfüllen, ihre Abwässer in ein fäulnisunfähiges Produkt zu verwandeln, so daß auf den Vorteil einer Schwemmkanalisation verzichtet werden mußte, so kann diese letztere jetzt gebaut werden, auch wenn als Vorfluter nur das bescheidenste Rinnsal zur Verfügung steht. Aber auch unabhängig von den Kanälen einer Stadt wird das Oxydationsverfahren ein bisher ungelöstes Problem mit Hilfe seiner Anpassungsfähigkeit an die verschiedenen Verhältnisse lösen, indem einzeln gelegene Anstalten, Fabriken und selbst kleine Privatsitze, für welche auch die Untergrundberieselung nicht in Frage kommt, nunmehr in der Lage sind, sich ihrer Abwässer in Form eines spiegelblanken, inoffensiven Produktes zu entledigen, während früher diese Abwässer nur ein Gegenstand fortdauernder Beschwerde und Unannehmlichkeit waren.

Manche der Oxydationskörperanlagen haben sich nun so wenig bewährt, daß man es verständlich findet, wenn Stimmen laut wurden, die an der Brauchbarkeit des ganzen Verfahrens zweifelten. Geht man aber der Sache auf den Grund, so überzeugt man sich, daß der schlechte Erfolg stets auf Rechnung einer zu weit gehenden Schematisierung zurückzuführen ist oder auf kleinste Fehler in der Bau- und Betriebstechnik. Wer sich also mit diesem Reinigungsverfahren befassen will, der wird gut tun, sich vor allem mit den Vorgängen vertraut zu machen, welche die Wirkungsweise begründen.

In der Hamburger Versuchskläranlage sind diese Verhältnisse in eingehender Weise studiert worden und haben Dunbar und seine Schüler in zahlreichen Veröffentlichungen die gewonnenen Resultate mitgeteilt.



So manchem deutschen Fachmann freilich sind oft gerade die wichtigsten und für die Praxis bedeutsamsten Feststellungen entgangen, während anderseits die Erbauer und Leiter größerer ausländischer Anlagen freimütig erklärten, daß ihnen gerade durch die Hamburger Versuche das volle Verständnis für den künstlichen biologischen Reinigungsprozeß gekommen sei und daß erst diese Arbeiten die notwendigen Unterlagen für die praktische Betriebsanordnung geliefert hätten. Ein sorgfältiges Studium der Literatur hätte so manche Arbeit von anderer Seite erübrigt und würde es haben vermeiden lassen, daß man anderweitigen Feststellungen eine falsche Bedeutung beimißt, welche nur geeignet ist, die Klarheit zu trüben, die über die Frage der künstlichen biologischen Reinigung bereits geschaffen war. Schon die Fragestellung weist oft darauf hin, daß der betreffende Autor sich nicht die Mühe genommen hat, sich davon zu überzeugen, was schon nach der fraglichen Richtung hin gearbeitet worden ist. Wenn sich z. B. eine neuere Arbeit unter anderen die Aufgabe stellt, die Bedeutung des Eisenoxyds für die Wirkungskraft der Filter nachzuweisen, so hätte man füglich erwarten sollen, daß die Resultate derer erwähnt werden, welche vorher schon denselben Versuch angestellt haben, um zu zeigen, wie ein eisenfreies Material weit schlechter reinigt als ein eisenhaltiges, und wie man durch an sich fast wirkungsloses Material gute Effekte erzielt, indem man dasselbe mit einer Eisenoxydschicht überzieht. Dies möchte ich nicht im Interesse der leidigen Prioritätsfrage gesagt haben, als für die Bewertung der Arbeiten, die sich derartige Unterlassungssünden zu Schulden kommen lassen. Ist böser Wille ausgeschlossen, so liegt eine mangelhafte Sachkenntnis und Oberflächlichkeit vor, die oft dazu führt, daß die Ansichten anderer Autoren geradezu verdreht werden. So ist es Dunbar niemals eingefallen, die Beseitigung fäulnisfähiger Substanzen ganz ausschließlich auf Absorption zurückzuführen und ebensowenig hat er davon gesprochen, daß der Zersetzungsprozeß als zweite Phase erst dann begänne, wenn die Absorption beendet sei. Vielleicht gelingt es mir, mit der vorliegenden Darstellung diese und andere Mißverständnisse, deren ich eine große Menge aufzählen könnte, endlich aus der Welt zu schaffen.

Die Abwässer gut kanalisierter Städte stellen nicht eine „Jauche“ dar, d. h. einen in stinkender Fäulnis begriffenen konzentrierten Brei, sondern sie enthalten die zersetzlichen Komponenten in verhältnismäßig frischem Zustande. Die Länge des Weges, den die Abwässer in den Kanälen zurückzulegen haben, spricht freilich mit, im allgemeinen aber kann man sagen, daß nur labile Körper auf diesem Wege zerfallen werden. So geht es mit dem Harnstoff, der offenbar durch Enzymwirkung schnell in Ammoniumkarbonat verwandelt wird, denn es gelingt kaum,



denselben aus den Abwässern rein darzustellen, die einen längeren Weg durch Kanäle zurückgelegt haben. Diese Versuche, den Zustand der mit Sicherheit in die Kanäle gelangten Körper nachzuweisen, ist recht interessant, hindernd freilich steht die gewaltige Verdünnung entgegen, denn der Gehalt der stärksten Abwässer an Schmutzstoffen beträgt etwa nur 1 bis 2 pro Mille oder gar noch weniger. Hiervon ist etwa die Hälfte organischer, die andere Hälfte anorganischer Natur, teils gelöst, teils ungelöst in Form von Schwimm-, Schwebe- und Sinkstoffen. Beim Einheitssystem kommt der abgeschwemmte Straßendetritus hinzu, der die Beschaffenheit der Abwässer zeitweilig charakteristisch beeinflußt, was noch mehr durch die gleichzeitig zuströmenden Regenmengen geschieht. Diese Schwankungen fallen beim Trennsystem fort. Wenn man daher mit künstlicher biologischer Abwasserreinigung zu rechnen hat, wird man möglichst das Trennsystem einführen, damit man eine sich stets gleichbleibende Schmutzwassermenge zu reinigen hat. Das Sammelsystem kompliziert die Reinigung nicht nur gewaltig, sondern verteuert sie ebenso, da es weit ausgedehntere Einrichtungen erfordert, um die plötzlich auftretenden Wassermassen zu bewältigen, die oft das vielfache des Trockenwetterabflusses betragen. Wenn nun diese Aufschwemmung, die das städtische Abwasser darstellt, zur biologischen Reinigung steht, so wird man in erster Linie damit zu rechnen habeu, daß es als feststehende Forderung hinzunehmen ist, die Abwässer möglichst weitgehend von den ungelösten Stoffen zu befreien, ehe man sie den biologischen Körpern zuführt. Daß der Dunbarsche Schalentropfkörper ein größeres Quantum suspendierter Stoffe verträgt als andere Methoden, ist schon gesagt worden. Inwieweit man bei anderen Verfahren die ungelösten Stoffe entfernen muß, das wird von Fall zu Fall zu entscheiden sein, ebenso welches Verfahren diesem Zwecke dienen soll, ob ein mechanisches Verfahren für sich allein oder in Kombination mit chemischer Fällung, oder ob der Faulprozeß vorteilhaft herangezogen wird.

Für hier bleibt zu konstatieren, daß immerhin den biologischen Körpern eine wechselnde Menge suspendierter Stoffe zugeführt wird. Diesen gegenüber macht sich nun eine Filterwirkung geltend, welche sich in dem Maße verstärkt, als sich das Material des Körpers „einarbeitet", d. h. mit dem charakteristischen schleimig-gallertigen Rasen überzieht. Sollte beim Kontaktverfahren ein Körper mit der Zeit insuffizient werden, was man annehmen muß, wenn das Porenvolumen auf etwa 25 Prozent gesunken ist, so läßt er sich, wie Dunbar gezeigt hat, leicht regenerieren durch Abspülen der Schlacke und Ersatz des zu Verlust gegangenen Materials. Der resultierende Schlamm ist inoffensiv und wird daher niemals Schwierigkeiten bereiten.



Nächst den suspendierten Stoffen sehen wir dann weiter die Oxydationskörper den gelösten Stoffen gegenüber wirksam.

Eine Eiweißlösung 1:250 verwandelte ein kleiner Dunbarscher Schalenkörper bei Belastung von $^1/_3$ cbm pro Quadratmeter Oberfläche in ein fäulnisunfähiges blankes Produkt mit 200 bis 300 mg Salpetersäuregehalt pro Liter. 60 grm trockenes Eiweiß mineralisierte dieser Zwergkörper im Laufe von 12 Stunden und das Tag für Tag wochenlang, ohne daß man etwas anderes zu tun hatte, als allwöchentlich die Deckschicht einmal wie ein Blumenbeet umzustechen. Gewiß eine gewaltige Leistung! Kein Wunder, daß auch die zersetzungsfähigen Komponenten der städtischen Abwässer mineralisiert werden, so daß die Abflüsse aus den Oxydationskörpern ein fäulnisunfähiges, blankes Produkt darstellen, das auch den kleinsten Vorfluter nicht mehr alterieren kann, ein Wasser, in welchem Fische gehalten werden können, ohne daß eine Verdünnung mit anderem Wasser nötig wäre. Die Prüfung auf die Fäulnisfähigkeit nahm man bislang der Art vor, daß man die Abflüsse in Flaschen wohlverschlossen bei 26° C etwa acht Tage lang aufbewahrte, um zu entscheiden, ob sich während dieser Zeit ein Geruch nach Schwefelwasserstoff, der auch durch Bleipapier nachgewiesen werden konnte, bemerkbar machte. Eine chemische Reaktion, nach welcher man direkt die Frage beantworten kann, ob ein nach dem biologischen Verfahren gereinigtes Abwasser noch fäulnisfähig ist oder nicht, gab es bis vor kurzem nicht. Auf Grund der Stickstoffbestimmungen, des Glühverlustes, der absoluten Oxydierbarkeit, des Albuminoidammoniaks, des organischen Stickstoffs und Kohlenstoffs oder der Verbrennungswärme nach Rubner war es nicht möglich, zu entscheiden, ob ein Abfluß der stinkenden Fäulnis zugänglich und somit imstande ist, Mißstände im Vorfluter hervorzurufen oder nicht. Dunbar konnte nun nachweisen, daß das erzielte Reinigungsprodukt der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich ist, wenn eine Herabsetzung der Oxydierbarkeit, des organischen Stickstoffes bzw. Albuminoidammoniaks oder des Glühverlustes des Abdampfrückstandes um etwa 60 bis 65 Prozent oder mehr erreicht wird. Da nun beim biologischen Reinigungsverfahren die Abnahme der Abwässer an organischem Stickstoff, Albuminoidammoniak sowie an Glühverlust merkwürdigerweise gleichen Schritt hält mit der Herabsetzung der Oxydierbarkeit, indem sich die Werte in ganz überraschender Weise decken, so empfiehlt Dunbar die Bestimmung der Oxydierbarkeit als die einfachste Untersuchungsmethode zur Prüfung auf die Fäulnisfähigkeit der Abflüsse. So oft nun auch in der Folgezeit Reinigungsprodukte untersucht wurden, bis auf wenige Ausnahmen unter Tausenden von Analysen stellte sich stets Koinzidenz heraus des Eintritts der Fäulnisunfähigkeit mit einer Herab-

setzung der Oxydierbarkeit um 60 bis 65 Prozent. Für Erklärung dieser Tatsache zog Dunbar neuerdings eine in Lawrence an intermittierenden Bodenfiltern gemachte Beobachtung heran, welche dahin geht, daß nur ein Teil der in den Filtern zurückgehaltenen organischen Materie der Oxydation und Nitrifikation leicht zugänglich ist, während ein anderer Teil nur sehr langsam abgebaut wird. Das Albuminoidammoniak in einem Filter nahm in den ersten zwei Monaten 70·5 Prozent ab und blieb für die Folgezeit fast unverändert (gegen 427 mg wurde er acht Monate später noch zu 430 mg bestimmt). Dunbar meinte nun, daß auch die in den Abflüssen der Oxydationskörper noch gefundenen oxydablen Substanzen der Zersetzung durch Mikroorganismen nicht zugänglich seien, während der leicht zersetzliche Anteil den organischen Schwefel enthalten hätte. Da die Mineralisierung dieses organischen Schwefels Eintritt der Fäulnisunfähigkeit bedeute, so müsse die für diese als Indikator erkannte Herabsetzung der Oxydierbarkeit um 60 bis 65 Prozent zusammenfallen mit dem Verschwinden des organischen Schwefels, denn nur durch den organischen Schwefel kann der die Fäulnis anzeigende Schwefelwasserstoff entwickelt werden. Dunbars Assistenten Korn und Kammann zeigten nun, daß tatsächlich der organische Schwefel mineralisiert ist, sobald die Oxydierbarkeit um 60 bis 65 Prozent herabgesetzt ist. Gleichzeitig arbeiteten genannte Herren eine Methode aus, um in kürzester Frist organischen Schwefel nachzuweisen. Mit Hilfe dieser Untersuchung, Hamburger Test auf Fäulnisfähigkeit benannt, ist man nunmehr in den Stand gesetzt, die Fäulnisfähikeit sofort in wenig Zeit im voraus zu bestimmen. Der Gang der Untersuchung gestaltet sich wie folgt:

Nachdem man in den Abflüssen den vorhandenen anorganischen Schwefel durch Baryt entfernt hat, führt man den vorhandenen organischen Schwefel durch metallisches Kalium in Kaliumsulfide über. Den aus diesen entbundenen Schwefelwasserstoff aber weist man mit Hilfe von Caros Methylenblaureaktion nach. Para-Amido-Dimethylanilin und Eisenchlorid ergeben unter Zusatz von Salzsäure mit Schwefelwasserstoff Methylenblau. Auf diesem Wege gelingt es, die Fäulnisfähigkeit eines Abflusses in 1 bis $1^1/_2$ Stunden in einwandfreier Weise darzutun. Mit Hilfe dieser Methode kann man die kleinsten Mengen organischen Schwefels als Schwefelwasserstoff nachweisen. Die Brauchbarkeit der Reaktion wurde von den Autoren der Art geprüft, daß sie einen gut eingearbeiteten Oxydationskörper überanstrengten, so daß die Abnahme der Oxydierbarkeit immer geringer wurde, bis schließlich das Rohwasser unverändert durchlief. Gleichzeitig wurde die Reaktion fortlaufend angewandt, um zu zeigen, wie die Herabsetzung der Oxydierbarkeit mit der Fäulnisfähigkeit und dem Ausfall der Schwefelreaktion Hand in Hand geht.



Bei einer Herabsetzung der Oxydierbarkeit von 72·6 Prozent und allen Zwischenstufen bis 61·0 Prozent war der Hamburger Test negativ. Sobald aber die Herabsetzung der Oxydierbarkeit geringer als 61 Prozent war, fiel die Schwefelreaktion positiv aus.

Dunbar hat schon früher betont, daß der Schluß auf Fäulnisunfähigkeit aus der Oxydierbarkeitsherabsetzung um 60 bis 65 Prozent für normal zusammengesetzte, städtische Abwässer, nicht aber für anders geartete, konzentrierte Industrieabwässer gilt. Da wir die Wirkungsweise der Oxydationskörper, wie sie im folgenden weiter erörtert werden soll, in bezug auf städtische Abwässer prüfen wollen, so wird die Oxydierbarkeitsbestimmung ein sehr brauchbarer Maßstab für die Beurteilung des Verschwindens der fäulniserregenden Substanzen aus dem Rohwasser, nachdem erwiesen ist, daß die Herabsetzung der Oxydierbarkeit korrespondiert mit dem Verschwinden des organischen Schwefels, der Muttersubstanz des offensivsten Fäulnisproduktes.

Bringen wir Abwässer verschiedener Konzentration auf einen wohl eingearbeiteten Füllkörper und beobachten das Verhalten der oxydablen Substanzen mit Berücksichtigung des zeitlichen Verlaufes des Kontaktes, so ergibt sich in graphischer Darstellung das folgende Verhältnis:

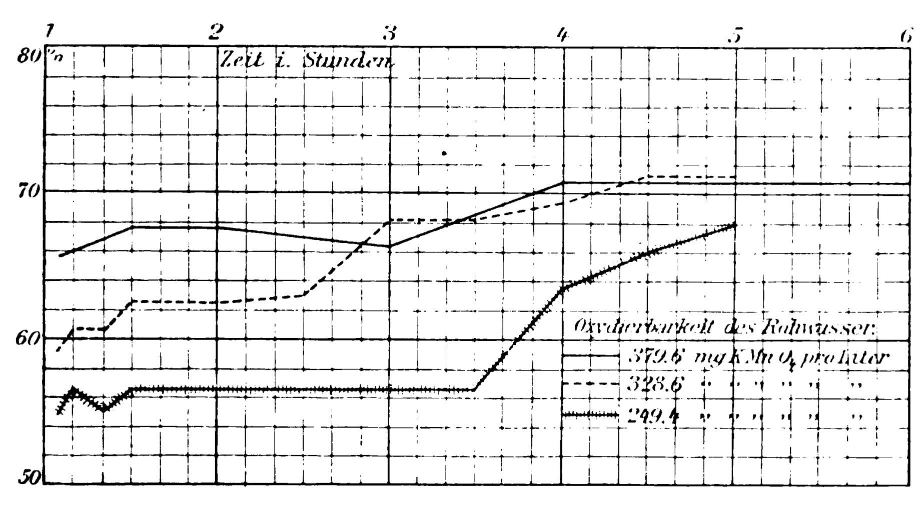


Fig. 1.
Prozentische Abnahme der Oxydierbarkeit in Abhängigkeit von der Dauer der Einwirkung und der Konzentration des Abwassers.

Aus dieser Kurve ergibt sich zur Evidenz, daß das Verschwinden der gelösten fäulnisfähigen Substanzen nach ganz bestimmten Gesetzen vor sich geht, wir können die folgenden Schlüsse ziehen:

1. Die Hauptmasse der oxydablen Materie verschwindet unter dem Einfluß des Oxydationskörpers aus der Lösung sehr schnell innerhalb der



ersten Minuten des Kontaktes. Im Verlauf der nächsten Zeit nimmt die Ausscheidung noch etwas zu und erreicht asymptotisch ansteigend im Verlauf von 4 bis 6 Stunden ihren Grenzwert.

2. Mit steigender Konzentration der angewandten Abwässer nimmt die Menge der ausgeschiedenen Substanz zu, aber nicht proportional der Konzentration, sondern langsamer.

Und nunmehr nehmen wir eine Lösung eines Farbstoffes, z. B. Kongorot und lassen diesen Farbstoff auf sterile Schlackenstücken einwirken.

In den nachfolgenden Kurven ergibt sich das Resultat.

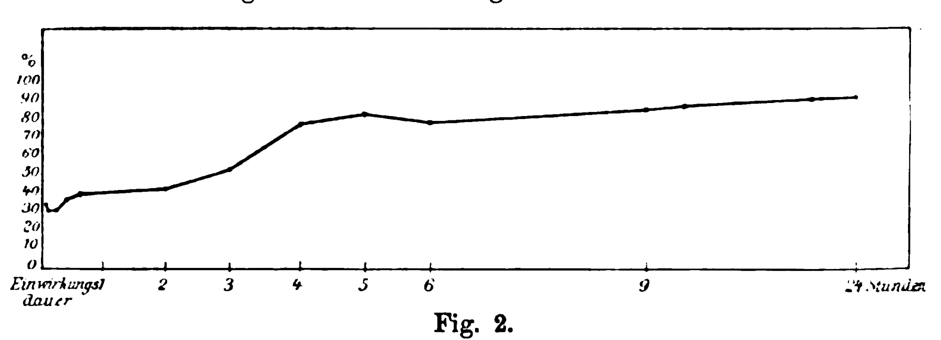


Fig. 2.

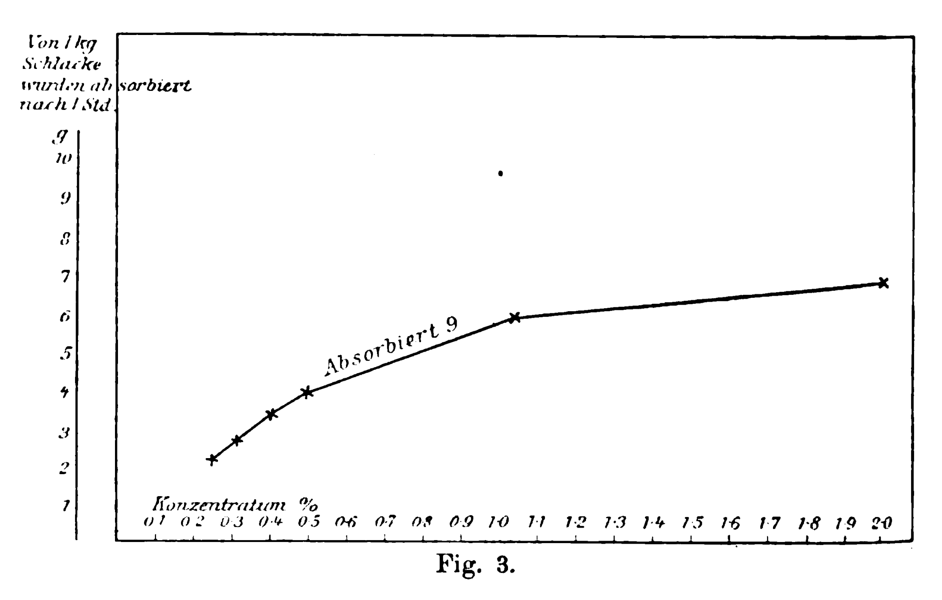


Fig. 3.

Die Schlüsse, die wir aus diesen beiden Darstellungen ziehen müssen, sind genau dieselben, wie sie sich bei Verwendung von Abwasser ergaben. Auch der Farbstoff verschwindet mit seiner Hauptmasse in den ersten Minuten des Kontaktes, im Verlauf der nächsten Zeit nimmt die Ausscheidung noch etwas zu und erweist asymptotisch ansteigend im Verlauf von 4 bis 6 Stunden den Grenzwert. Ebenso sehen wir die Konzentration

bei der Farbstofflösung dieselbe Rolle spielen wie bei den Abwässern, denn auch beim Farbstoff nimmt mit steigender Konzentration die absolute Menge der ausgeschiedenen Substanz zu und zwar auch hier nicht proportional der Konzentration, sondern langsamer.

Nächst dem zeitlichen Verlauf der Ausscheidung und dem Einfluß der Konzentration wollen wir nun weiter untersuchen, ob die Korngröße, d. h. die Oberflächenentwicklung in beiden Fällen von derselben Bedeutung ist.

Dunbar stellte gleich große Oxydationskörper her, welche sich allein dadurch voneinander unterschieden, daß die Korngröße des verwandten Materials verschieden war, sämtliche Körper wurden mit demselben Abwasser beschickt, um nach vierstündiger Einwirkung die Abflüsse mit folgendem Erfolg auf Herabsetzung der Oxydierbarkeit zu prüfen:

	Korngröße.	Herabsetzung der Oxyd. in Prozenten.
Cokes	2—3 mm	70·2 Prozent
	3—5 „	69·0 „
	5—7 „	64·6 „
	7—10 „	62·5 „
	10—20 „	51·0 „
Kies	2—3 „	61·8 „
	3—5 „	61·8 „
	5—7 „	57·0 „
	7—10 „	56·6 „
	10—20 „	46·5 „

Kattein und Lübbert ließen Farbstoffe auf Schlacke verschiedener Korngröße einwirken und erhielten das folgende Resultat:

Korngröße der Schlacke	nach Minuten	verschwanden Prozent Kongorot
unter 2 mm	5 Min.	33·3
„ 3—7 „	„	16·6
„ 8—25 „	„	9·1

Unter Berücksichtigung des zeitlichen Verlaufs von 24 Stunden ergab sich als Einfluß der Korngröße das folgende Bild.

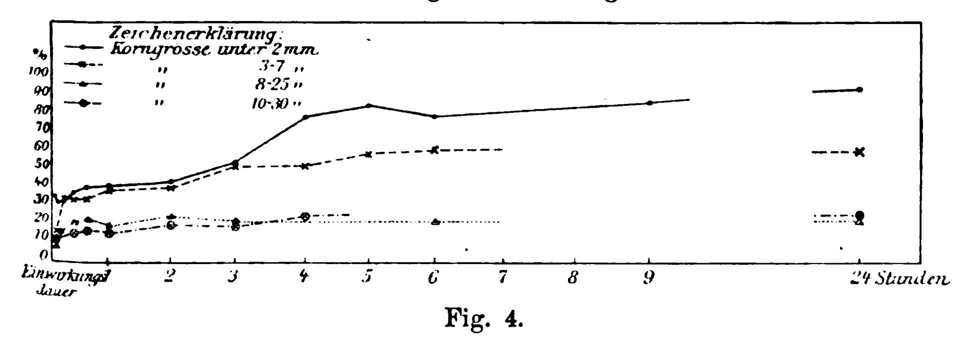


Fig. 4.



Wir sehen, die Herabsetzung der Oxydierbarkeit in Abwässern wie das Verschwinden von Farbstoff ist um so ausgesprochener, je feiner die Korngröße ist. Hiermit haben wir eine dritte Übereinstimmung gefunden in dem Verhalten großer Oberflächen zum Abwasser wie zum Farbstoff.

Und was vom Kongorot gilt, das gilt von Eiweißlösungen, Peptonen, Bitterstoffen, Harzen, Indol, Skatol, Enzymen, tierischen und pflanzlichen Farbstoffen und vielen anderen Körpern, welche sich durch hohes Molekulargewicht und komplexen Bau auszeichnen. Sie alle zeigen großen Oberflächen gegenüber dasselbe Verhalten, wie wir es oben durch drei Momente charakterisiert haben. Aber noch eine vierte Übereinstimmung ist zu konstatieren, nämlich die, daß auch die chemische Beschaffenheit der großen Oberfläche eine Rolle spielt, je nach der Natur derselben wird sich die Affinität der genannten Körper verschieden gestalten zu dem Material, unter dessem Einfluß sie aus ihrer Lösung nach bestimmten Gesetzen verschwinden.

Schon Figuier zu Montpellier beobachtete 1810, daß Tierkohle besser als Holzkohle Gase und tierische und pflanzliche Farbstoffe auf sich niederschlüge. Dunbar aber zeigte, wie sich die Herabsetzung der Oxydierbarkeit von Abwasser verschieden gestaltet je nach dem verwandten Material bei gleicher Korngröße.

Herabsetzung der Oxydierbarkeit in Prozenten.
Korngröße 3—7 mm.

Nach Anzahl von Kontakten: des Abwassers	Cokes	Tierkohle	Kies	Schlacke	Holzkohle	Bimsstein
2.	85·8	72·1	51·4	31·0	38·9	22·4
10.	87·3	78·7	83·4	47·8	62·5	40·5
50.	87·0	77·6	85·8	77·7	69·6	63·0

Wir sehen, dasselbe, was Figuier 1810 bei Gasen und Farbstoffen beobachtete, stellte neuerdings Dunbar bezüglich des Abwassers fest, indem er fand, daß der Wirkungswert der verschiedenen Kohlen ein verschiedener ist.

Vier Faktoren haben wir nunmehr festgestellt, welche für die Ausscheidung oxydabler Substanz aus Abwasser ebenso von Bedeutung sind, wie für die Entfärbung einer Farbstofflösung durch feste Körper. Es spielten in beiden Fällen ein und dieselbe Rolle: 1. die Zeit, 2. die Konzentration der Lösung, 3. die Größe der Oberfläche, 4. die chemische Natur dieser Oberfläche.

Physiker und Agrikulturchemiker nennen nun diese, von chemischer Verbindung unabhängige, rein physikalische Oberflächenwirkung, bei welcher

man die abgeschiedenen Substanzen, Farbstoffe usw. durch Anwendung größter Mengen des ursprünglichen oder eines besseren Lösungsmittels von der haltenden Oberfläche wieder entfernen kann, diesen unter den oben geschilderten Erscheinungen verlaufenden Prozeß: Absorption.

Wenn der Hygieniker dieselben Erscheinungen als Folge des Kontaktes von Abwasser mit einem Oxydationskörper beobachtet, so muß er für diesen Prozeß dieselben Ursachen verantwortlich machen und sagen: die Ausscheidung fäulnisfähiger Substanzen erfolgt durch Absorption. Warum sollen wir nach einem anderen geheimnisvollen Agens suchen, wenn wir das Verhalten der Abwasserkomponenten im Oxydationskörper mit den sehr wohl charakterisierten Erscheinungen der Absorption erklären können?

Beleuchten wir das Wesen der Absorption etwas näher, so werden wir auch leicht einsehen, warum im Oxydationskörper nur bestimmte Körper durch Absorption festgehalten werden, die unbeeinflußt durch denselben hindurchgehen, bzw. als Umsetzungsprodukte ausgeschieden werden müssen.

Wie aus der ausgezeichneten Arbeit von Lagergreen hervorgeht, überzieht sich die Oberfläche eines festen Körpers, den man mit einer Flüssigkeit zusammenbringt, sofern er von derselben überhaupt benetzbar ist, mit einer feinen Flüssigkeitsschicht. Dieses außerordentlich dünne Benetzungshäutchen, über dessen Dicke auch Ostwald eingehende interessante Studien gemacht hat, wird unter Entbindung von Wärme durch den festen Körper stark komprimiert und haftet um denselben untrennbar. Für Wasser berechnet Lagergreen den Druck, der durch jene Kompression entsteht, mit Hilfe der Wärmetönung auf 61·50 Atmosphären. Er wird für verschiedene Flüssigkeiten verschieden sein. Hat man nun nicht eine homogene einheitliche Flüssigkeit, sondern eine Lösung verwandt, so können zwei Fälle im wesentlichen eintreten. Nimmt die Löslichkeit des gelösten Körpers mit dem Drucke zu, so wird der gelöste Körper mit seiner Lösung in das Benetzungshäutchen wandern und dieses den Druckverhältnissen entsprechend sättigen. So haben wir gesehen, daß eine 0·25 prozentige Lösung von Kongorot den gesamten Farbstoff verlor, man konnte von der Schlacke nur reines Wasser abgießen, der ganze Farbstoff war mit dem ersten Körper im Benetzungshäutchen konzentriert. Nimmt man dagegen eine Kochsalzlösung oder eine Chlorkaliumlösung, so geht nicht eine Spur des Salzes in das Benetzungshäutchen, vielmehr wird die Lösung um soviel konzentrierter werden, als sie Wasser an den festen Körper zur Bildung des Benetzungshäutchens abgegeben hat. Es erklärt sich dies damit, daß Chlornatrium bzw. Chlorkalium unter zunehmendem Druck eine Dilatation erfuhren, sie werden



nur bei einem gewissen mittleren Druck, z. B. dem einer Atmosphäre bis zu einem gewissen Grade löslich sein, sie müssen sich aus der Lösung krystallinisch ausscheiden, wenn der Druck erhöht wird. Wir sehen also, die Absorption ist ganz und gar von der Löslichkeit abhängig. Je größer die Löslichkeit bei einfachem Atmosphärendruck ist, um so größer wird die zurückhaltende Kraft des Lösungsmittels sein, um so kleiner die Absorption. Zwischen der negativen Absorption, die Chlornatrium zeigt, bis zu der vollständigen des Kongorotes werden wir alle möglichen Zwischenstufen beobachten. Wie Lachaud in einer interessanten Arbeit nachgewiesen hat, verteilt sich bei diesen Zwischenstufen der gelöste Körper zwischen fester und flüssiger Phase so, daß beim Gleichgewicht die Anziehung des festen Stoffes auf ein Molekül des gelösten Körpers gleich ist der Kraft, mit welcher das Molekül vom Lösungsmittel zurückgehalten wird. Walker und Appleyard bewiesen dies an der Pikrinsäure. Diese löst sich leichter in Alkohol als in Wasser, deshalb entzieht ein absorbierender Körper z. B. Seide dem Wasser fünfmal soviel Säure als dem Alkohol.

Wenden wir diese Erfahrungen auf die Wirkung der Oxydationskörper an, so wissen wir, was wir finden werden. Die hochkonstituierten fäulnisfähigen Körper, welche zum Teil in Wasser an sich schon löslich sind, oder gar, wie alle Kolloide, überhaupt keine wahren Lösungen bilden, alle die Körper, welche sich um so besser lösen, je größer der Druck ist, sie werden absorbiert werden, entsprechend den besseren Bedingungen, die sich häufig für sie im Benetzungshäutchen finden. Andere Körper dagegen, bei welchen bei Überschreitung einer gewissen Druckgrenze die anfängliche zur Lösung führende Kontraktion in Dilatation übergeht, sie werden vom Oxydationskörper nicht beeinflußt. Es gilt dies vor allem vom Kochsalz, welches sich aus der Lösung sogar ausscheiden muß, sobald man dieselbe einem Druck von etwa 1500 Atmosphären aussetzt. Und was vom Kochsalz gilt, das gilt vom Salpeter und schwefelsauren Salzen und anderen Mineralisierungsprodukten organischer Substanz, ebenso wie von manchen organischen Körpern, Harnstoff, Zucker usw.

Also auch nach der negativen Seite hin entspricht der Oxydationskörper bezüglich der Abwasserkomponenten den Gesetzen der Absorption. Daß die Absorptionswirkungen sich ganz besonders in einem gut eingearbeiteten Körper geltend machen müssen, das liegt auf der Hand. Dunbar äußert sich darüber wie folgt: „Das sogenannte Einarbeiten oder Reifwerden eines Oxydationskörpers liegt zum großen Teil begründet in der Ansammlung organischer Materien, die die einzelnen Steine im Laufe der Zeit mit einer klebrigen Schicht einkleiden. Diese organischen Materien, welche übrigens, wie hier gleich bemerkt sein soll, nicht mehr

imstande sind, der stinkenden Fäulnis anheimzufallen, besitzen nicht nur die von der Trinkwasserfiltration her bekannte Fähigkeit, die mechanische Filtration zu erhöhen, sondern sie sind es gleichzeitig, welchen die hohe Entfaltung der Absorptionswirkungen in den Oxydationskörpern zu verdanken ist. Die hier in Frage stehenden Substanzen begünstigen den Abwasserreinigungsprozeß anscheinend in nicht geringerem Maße als das Eisenhydroxyd. Daher kommt es, daß Kiesoxydationskörper, welche anfangs in ihrer qualitativen Wirksamkeit hinter Cokes bzw. Schlacke weit zurückstanden, nach längerem Betriebe schließlich Reinigungseffekte aufweisen, die denjenigen der eben genannten Körper in keiner Weise nachstehen.“ Daß diese klebrige, gallertartige Haut hohe Absorptionswirkungen entfaltet, das ist durch ihre Natur begründet. In dem gallertartigen Rasen, der das Wasser wie ein Schwamm aufnimmt, haben wir einen quellbaren Körper vor uns. Die eminent wichtigen, über quellbare Körper veröffentlichten Arbeiten aber zeigen, daß diesen die Entwicklung einer ganz ungeheuren Oberfläche eigentümlich ist, so daß wir die conditio sine qua non für Absorptionswirkungen bei eingearbeiteten Oxydationskörpern in exquisitester Weise gewährleistet finden. H. Rodewald zeigte, wie diese quellbaren Körper nicht nur eine äußere, sondern auch eine sogen. innere benetzbare Oberfläche haben, welche sich z. B. für das Kubikmillimeter quellbare Stärke auf 2108000 qmm berechnet. Diese großen Oberflächen müssen aber deshalb wiederum zu Absorptionsvorgängen ganz besonders geeignet sein, weil auch das zwischen die Mizellen eindringende, die innere Oberfläche benetzende Wasser unter hohem Druck steht und somit geeignet ist, gelöste Stoffe in sich um so mehr zu konzentrieren, je mehr die Löslichkeit des gelösten Stoffes mit dem Druck zunimmt. Hierzu kommt die chemische Beschaffenheit als die Absorption begünstigendes Moment hinzu. Besteht doch die Gallerte des die Materie der Oxydationskörper überziehenden Rasens aus kolloidartigen Humusstoffen, welche mit ihrer „wabigen“ Struktur (Bütschli) für die Absorption ganz besonders geeignet sind.

Sieht doch van Bemmelen in dem Gel der Kolloide Analoga zu organischen Geweben, indem sie ein Maschenwerk von zusammenhängenden amorphen Teilen bilden, die durch Flüssigkeiten aufquellbar sind, u. a. Öle, ja sogar feste Partikelchen in sich aufnehmen. Der Nachweis, daß ein Teil der fäulnisfähigen Abwasserkomponenten kolloidaler Natur ist, gewinnt jetzt erhöhte Bedeutung, denn wir wissen, daß Kolloide aus ihren Lösungen durch andere Kolloide oder durch feste, poröse oder gequollene Substrate ganz besonders leicht abgeschieden werden.

Bei den Oxydationskörpern aber haben wir den quellbaren Rasen mit seinen kolloidalen Humussubstanzen einerseits und andererseits die kolloidale Pseudolösung des Abwassers.



Schon früher hatte Dunbar bemerkt, daß ein gewisser Gehalt der Oxydationskörper an Eisen bzw. Eisenhydroxyd von günstigem Einfluß auf die gewünschten Absorptionsvorgänge ist, die Richtigkeit dieser Beobachtung erklärt sich aus den obigen Darlegungen.

Hydrolytisch abgespaltenes kolloidales Eisenhydroxyd wirkt fällend auf die kolloidalen Abwasserstoffe.

Kröhnke und Biltz haben zuerst auf die kolloidalen Bestandteile des Abwassers aufmerksam gemacht und die Bedeutung dieser Erkenntnis damit gewürdigt, indem sie sagten: „Nachdem jetzt der kolloidale Charakter der Fäulnisstoffe festgestellt worden ist, wird es verständlich, warum gerade durch Schaffung eines fein verteilten, schlammig gelatinösen Überzuges oder Rasens auf der Schlacke ein spezifischer Reinigungseffekt erzielt wird. Für kollodial gelöste Substanzen ist ein derartiges Vereinigungsbestreben mit porösen oder gequollenen Substraten ganz allgemein beobachtet worden (Adsorptionsvermögen). Primär tritt bei einer Reinigung demnach zweifellos eine mechanische Wirkung des Reinigungsmateriales in Kraft, wodurch die Entstehung einer Adsorptionsverbindung von fäulnisfähigem Stoff und Rasen verursacht wird.“ Kröhnke und Biltz stellten den Anteil der oxydablen Abwasserbestandteile an Kolloiden durch Dialyse fest und kamen unter Berücksichtigung der eventuellen Fehlerquellen zu dem Schluß, daß etwa die Hälfte der oxydablen Substanzen nicht dialysierbar sei. Ebenso fand Travis 50 Prozent der gelösten organischen Materie im Abwasser von Hampton in kolloidalem Zustand. Es wäre um den Reinigungseffekt im Oxydationskörper schlecht bestellt, wenn die kolloidale Beschaffenheit conditio sine qua non für die Absorption wäre, denn dann würden 50 Prozent der oxydablen Substanz in den Abflüssen erscheinen, welche unter diesen Verhältnissen sehr bald faulen müßten Unter dem Einfluß der Oxydationskörper sehen wir aber weit mehr als 50 Prozent von der oxydablen Substanz innerhalb kürzester Zeit verschwinden, als Ausdruck dafür, daß auch ein großer Teil der nicht kolloidalen oxydablen Abwasserbestandteile durch Absorption festgehalten wird, soweit diese nicht kolloidalen Bestandteile nicht anderen Kräften des Oxydationskörpers anheimfallen. Verfügt doch der Oxydationskörper außer seiner Absorptionskraft noch über andere Mittel, um dem aufgebrachten Abwasser oxydable Substanzen zu entziehen. Es ist dies die chemische Bindung. Von dieser werden vor allem organische Säuren betroffen. Essigsäure, Baldrian, Buttersäure werden an die Basen vor allem Kalk des Körpermaterials bezüglich an Eisen gebunden. So wird die Gerbsäure als Ferritannat auf der Schlacke niedergeschlagen und Schwefelwasserstoff schwärzt unter Bildung von Schwefeleisen. Diese Schwärzung aber hält nicht lange an, wenn der Körper rationell beschickt wird, denn



dann oxydiert sich das Eisensulfid sehr schnell zu schwefelsaurem Eisen. In der Koincidenz von Schwärzung mit schlechtem Funktionieren haben wir zugleich einen Einblick in die Bewertung des Sauerstoffes. Sobald dieser fehlt, was sich damit anzeigt, daß das Schwefeleisen nicht mehr oxydiert wird, wird der Oxydationskörper insuffizient. Während hier die Oxydation auf einem Umweg stattfindet, indem erst eine chemische Bindung und nachfolgende Oxydation des ersten Reaktionsproduktes stattfindet, wird eine dritte Gruppe von Abwasserbestandteilen sofort oxydiert und zwar durch den auf der großen Oberfläche kondensierten Sauerstoff. Daß dieser verdichtete Sauerstoff sich im Oxydationskörper vorfindet und wie energisch er wirkt, das zeigt ein einfacher Versuch. Um Dimethylanilin in Methylviolett zu verwandeln, braucht man nichts weiter als O_2, Sauerstoff zum Dimethylanilin hinzuzufügen. In Praxi geschieht dies, indem man kräftige Oxydationsmittel einwirken läßt, man braucht aber nur eine Lösung von Dimethylanilin mit Schlacke zusammenzubringen, um sich zu überzeugen, daß er um die Schlackenkörner herum sehr bald violett wird. Allmählich diffundiert der Farbstoff aus den Poren, in denen naturgemäß die Oxydation am lebhaftesten ist, und die ganze Flüssigkeit wird gefärbt sein. Man kann die gleiche Menge der Dimethylanilinlösung mit einem mehrfach größeren Luftquantum schütteln, niemals, solange man auch die gewöhnliche atmosphärische Luft darauf einwirken läßt, wird man eine Farbstoffbildung beobachten. Hierzu ist eben aktiver Sauerstoff nötig, wie er sich auf der porösen Schlacke verdichtet. Dem Einwurf, daß etwa ein anderer leicht Sauerstoff abgebender Bestandteil in der Schlacke die Arbeit getan habe, begegnet man damit, daß man die Schlacke vorher mit Reduktionsmitteln kocht und mit Wasser behandelt, bis nichts mehr in Lösung geht. Dieser verdichtete Sauerstoff zeigt auch seine Wirkung, wenn man mit dem Abwasser vielleicht als Desinfektionsmittel Hypochlorite aufbringt. Sehr bald ist alles aktive Chlor verschwunden und die Untersuchung der Abflüsse ergibt, daß eine vollständige Oxydation zu Chlorat stattgefunden hat. Auf diese Erfahrung hin kann man Abwässer desinfizieren, ohne daß eine nachfolgende biologische Reinigung ausgeschlossen würde, wie dies bei Verwendung anderer Desinfizientien als Chlorkalk der Fall ist. Schon in den allerobersten Schichten des Oxydationskörpers oxydiert sich alles Chlor, so daß die Mikroorganismen keine Schädigung erleiden. Im Hamburger hygienischen Institut hat denn auch diese Frage der Abwasserdesinfektion eine eingehende Bearbeitung und Lösung gefunden. Wir haben bislang drei Wege kennen gelernt, auf denen die gelösten oxydablen Substanzen des Abwassers durch den Oxydationskörper aus der Lösung herausgenommen werden. Es war dies 1. die Absorption, 2. chemische Bindung,

3. Zerstörung durch den kondensierten Sauerstoff. Als 4. Agens kommen, nicht minder wirksam als der verdichtete Sauerstoff, die Enzyme des Abwassers selbst, sowie die des Rasens in Betracht. Dunbar hat nachgewiesen, daß das Abwasser soviel Enzyme mit sich führt, daß man die Gesamtmenge der in den Abwässern enthaltenen eiweißartigen Substanzen und Kohlehydrate innerhalb eines Tages zersetzen konnte. In diesen Enzymen liegt also auch eines der geheimnisvollen Agentien, welche manche Abwasserkörper zerstört, ohne daß sie vorher durch Absorption festgehalten wären.

Auch in dem Rasen, der die eingearbeiteten Schlackenstücke umgibt, kann man Enzyme in beträchtlicher Menge nachweisen. Man löst die Gallertmasse von der Unterlage ab und zerreibt sie unter Zusatz von Thymol mit Sand. Durch den Sand werden nach dem Vorgange Blechners, der mit Hefen arbeitete, die Zellen gesprengt und man erhält ein steriles Produkt.

Bringt man einen Tropfen dieses Extraktes auf eine in einer Schale erstarrte Gelatineschicht, so entsteht bei geeigneter Temperatur in kürzester Frist ein ausgedehnter Verflüssigungstrichter bei vollkommener Sterilität als Ausdruck für die Wirkung des peptonisierenden Enzyms. Ebenso findet man koagulierendes und diastatisches und invertierendes Enzym.

Daß diese Körper ihre Wirkung ungestört entfalten können, dafür sorgen die sonst im Oxydationskörper sich abspielenden Verbrennungsprozesse, welche die Temperatur desselben dem einfließenden Rohwasser und der Umgebung gegenüber oft bis zu 10° C. steigern. So beobachtete Dunbar z. B. bei einer Lufttemperatur von 17·9° C. 27·2° C. in der Mitte eines Schlackenkörpers und selbst im Winter bei einer Außentemperatur von 2 bis 6° C. hielt sich die Wärme im Oxydationskörper immer noch auf 14·2 bis 19·5° C. Außer diesen Enzymen kämen fünftens als wirksame Kraft im Oxydationskörper in Betracht die organisierten, geformten Fermente, Mikroorganismen und höhere Lebewesen.

Dunbar studierte diese vielgestaltige Flora und Fauna. An pflanzlichen Wesen finden sich außer Schimmelpilzen auch Algen, die in gut funktionierenden Anlagen eine reiche Entwicklung finden. Beim Abbrechen eines Oxydationskörpers wurde festgestellt, daß sich in den verschiedensten Schichten desselben Lebewesen der verschiedensten Art ablösen. An der Oberfläche, wo es zu schlammigen Ablagerungen kommt, wiegen neben den Infusorien die Würmer, namentlich Anguillula vor. Etwas tiefer findet man Springschwänze, rote Milben und Insekten in großer Zahl. In einem 100 ^{cbm} großen Oxydationskörper fanden sich mehr als 100 ^{kg} Regenwürmer! Alle diese Leibessubstanz ist aufgebaut aus den



Abwasserbestandteilen, welche auch, nach den gefundenen Larven zu schließen, kilogrammweise als Insekten in die Luft geführt werden.

Nachdem nunmehr festgestellt ist, daß für die Ausscheidung bzw. Zerstörung der fäulnisfähigen Substanz im wesentlichen fünf Faktoren in Betracht kommen: 1. die Absorption, 2. chemische Bindung, 3. Sauerstoff, 4. Enzyme, 5. Mikroorganismen, wird die Bedeutung der einzelnen Gruppen zu bewerten sein.

Daß sich die Absorption erschöpft, liegt in der Natur dieses rein physikalischen Vorganges, daß sie aber beim Reinigungsvorgang in dem Oxydationskörper andauernd wirkt, das begründete Dunbar damit, daß die absorbierten komplexen Körper unter dem Einflusse des Luftsauerstoffes und der Mikroorganismen mineralisiert werden. Das Benetzungshäutchen, welches die Mineralisierungsprodukte aus den oben angeführten Gründen ausscheiden muß, wird immer und immer wieder frei für erneute Absorption. Mit dieser Erklärung des Vorganges ist es auch begründet, daß die Beschickung der Körper nicht eine ununterbrochene sein kann, daß der Prozeß der Zersetzung Zeit erfordert, welche berücksichtigt werden muß, ehe neue Abwassermengen zum Kontakt gebracht werden können.

Daß der Luftsauerstoff ein absolutes Erfordernis für ein ungestörtes Funktionieren ist, hat Dunbar auf verschiedenste Weise dargetan. Hier mögen nur die folgenden Versuche angeführt werden.

Zur Verfügung stand ein gut arbeitender Oxydationskörper, der bei jeder Füllung mit einer Abnahme der Oxydierbarkeit von 65 Prozent reagierte. Sobald man aber den atmosphärischen Sauerstoff von ihm fernhielt, indem man bei der Entleerung den freiwerdenden Raum durch reine, trockene Kohlensäure anfüllte, wurde eine rapide Abnahme der Wirkung festgestellt. Schon nach der ersten Füllung war unter dem Einfluß des Sauerstoffausschlusses der Abfluß fäulnisfähig und schließlich hatte derselbe dieselbe hohe Oxydierbarkeit wie das aufgebrachte Rohwasser. Die nachstehende Kurve V veranschaulicht das Resultat. Man sieht, wie der Reinigungsaffekt auf Null abfällt, wie er aber andererseits rapide ansteigt, sobald man den Sauerstoff wieder zuführt. Daß der fehlende Stickstoff nicht etwa die Ursache der ausbleibenden Wirkung ist, das zeigt das gleichbleibende Resultat, wenn man beim Entleeren des Körpers nicht Kohlensäure, sondern reinen Stickstoff in den frei werdenden Raum eintreten läßt. Die folgende graphische Darstellung ergibt die Details dieses Versuches (VI).

Unser gut eingearbeiteter Füllkörper erzielte bei Luftzutritt eine Abnahme der Oxydierbarkeit in den Abflüssen von 77 Prozent. Sobald aber beim Entleeren nicht mehr Luft sondern Stickstoff eingelassen wurde,



ging die Abnahme der Oxydierbarkeit schnell fortschreitend zurück, bis sie bei der fünften Füllung auf Null reduziert war. Als später wieder Luft in den Ruhepausen einwirkte, stieg die Abnahme der Oxydierbarkeit von Null auf 36·7 Prozent, um bei der fünften Füllung schon wieder 60 Prozent zu erreichen. Unter dem Einfluß abermals zugeführten Stick-

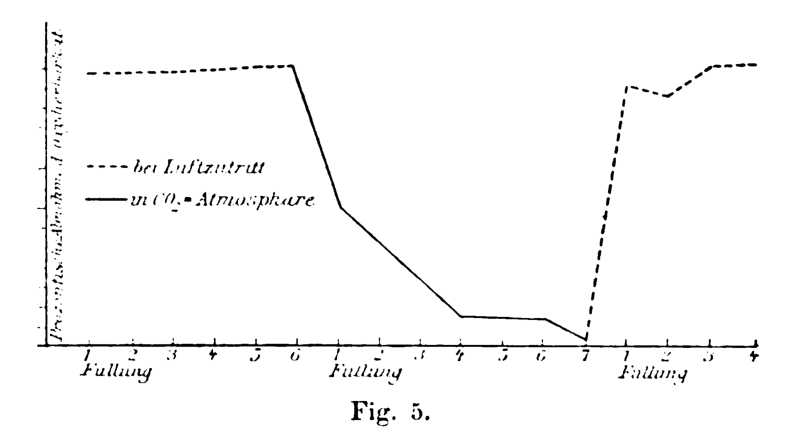


Fig. 5.

stoffes sank die Abnahme wiederum rapide auf Null. Ja bei der fünften Stickstoffüllung überstieg sogar die Oxydierbarkeit der Abflüsse die des Rohwassers um 5·5 mg $KMnO_4$ pro Liter, eine auf Fäulnisvorgänge zurückzuführende Erscheinung. Bei Luftzutritt aber erreichte die Abnahme der Oxydierbarkeit bei der fünften Füllung schon wieder 64 Prozent.

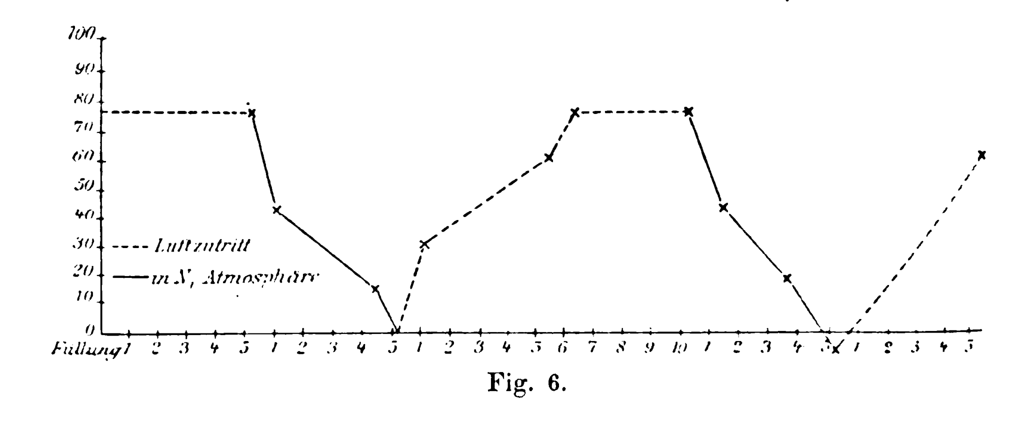


Fig. 6.

Einen Versuch, der für die Lüftungsfrage von eminent praktischer Bedeutung ist, hat Dunbar seiner Zeit angestellt, um zu entscheiden, ob ein Oxydationskörper imstande ist, atmosphärischen Sauerstoff aus der Umgebung anzuziehen.

Eine tubulierte Fünfliterflasche wird mit eingearbeiteter Schlacke beschickt und mit destilliertem Wasser gefüllt. Bei der Entleerung ließ



man eine von Kohlensäure befreite Luft von 20·7 Prozent Sauerstoff eintreten und hielt während der Lüftungsperiode die Öffnungen luftdicht geschlossen. Nach $14^1/_2$ Stunden war der eingeschlossenen Luft sämtlicher Sauerstoff entzogen unter gleichzeitiger Bildung von Kohlensäure. Bei einer Fortführung dieses Versuches zeigte sich, daß in dem Maße, wie die im Oxydationskörper angesammelten organischen Substanzen zersetzt wurden, die Kohlensäureproduktion sank, entsprechend dem Absinken des Sauerstoffkonsums. Hierbei bemerkte Dunbar, daß in den geschlossenen Oxydationskörpern während der Lüftungsperiode ein gewisses Vakuum auftrat, welches in der ersten Zeit um so größer war, je energischer der Sauerstoffkonsum ausfiel. Daher wurde an einen luftdicht abzuschließenden 5 Liter-Oxydationskörper nach seiner Entleerung eine atmosphärische Luft enthaltende 12 Literflasche mit einem Glasrohr angeschaltet. Nach 22stündiger Periode fehlte im Luftgemenge des Oxydationskörpers der Sauerstoff vollständig, die Luft in der 12 Literflasche aber enthielt nur noch 17·8 Prozent Sauerstoff, d. h. der Oxydationskörper hatte nicht nur die 285 ccm Sauerstoff verbraucht, die die bei der Entleerung zugeführte Luft enthielt, sondern er hat auch noch 348 ccm Sauerstoff aus der Reserveluftflasche angezogen und verbraucht.

Diese Versuche dürften genügen, um die Bedeutung des Luftsauerstoffs zu würdigen. Ohne Sauerstoffzufuhr ist eine Reinigung der Abwässer im Oxydationskörper nicht möglich.

Was vom Sauerstoff gilt, das gilt auch von den Mikroorganismen. Dunbar ließ durch Carnwat den folgenden Versuch anstellen: Zwei gleichgroße tubulierte Flaschen werden in gleicher Weise mit steriler Schlacke gefüllt und als Füllkörper mit steriler Peptonlösung, Abwasser oder anderen Nährlösungen beschickt, indem man bei der Entleerung nur sterile durch Watte filtrierte Luft eintreten läßt. Beide Flaschen absorbieren Pepton bzw. oxydable Substanz und wenn wir diese Aufnahme zeitlich verfolgen, so erhalten wir in graphischer Darstellung ein entsprechendes Bild, wie wir es für typische Absorptionskurven gesehen haben. Bald aber ist die Absorptionskraft erschöpft und die Lösung passiert die Füllkörper in unverminderter Konzentration. Entfernt man aber jetzt von einem der Füllkörper das Bakterienfilter und läßt infizierte Luft bei der Entleerung eintreten oder infiziert den Körper mit Abwasserbakterien, so wird dieser Körper sehr bald wieder aufnahmefähig, während der sterile insuffizient bleibt, soviel Luft man auch während der Ruhepausen durchleitet.

Aus diesen Versuchen geht zur Evidenz hervor, daß die Ausscheidung gelöster fäulnisfähiger Substanzen des Abwassers zurückzuführen ist auf Absorptionsvorgänge, deren Erschöpfung verhindert wird durch die unter



Zutritt atmosphärischen Sauerstoffes sich abspielende Tätigkeit von Mikroorganismen.

Dzierzgowsky schreibt: „Obzwar die Theorie, welche zwei besondere Phasen der reinigenden Tätigkeit der Filter, von denen eine zur Beseitigung der organischen Stoffe aus den Abwässern und Ablagerung derselben an der Schlackenoberfläche dient, während die zweite die Regeneration der Schlacke durch Zersetzung der an ihrer Oberfläche aufgestapelten Verunreinigungen besorgt, unterscheidet, auch sehr hübsch und verlockend erscheint, so entspricht sie doch der Wirklichkeit nicht ganz; sie deutet nur auf das relative Verhältnis zweier Prozesse zueinander hin, denn in Wirklichkeit ist keine scharfe Grenze zwischen ihnen zu ziehen und werden die als Wasserverunreinigung dienenden Substanzen sowohl in der zweiten Phase d. h. während des Leerstehens des Filters, als auch in der ersten Phase, d. h. solange das Filter gefüllt ist, zersetzt. Den besten Beweis hierfür sehen wir in Versuchen mit einem Wasser, dem nur Rohrzucker als Verunreinigung zugesetzt ist. Wie in Tabelle I nachgewiesen war, besitzt der Zucker, keine Adsorptionsfähigkeit und wird durchaus nicht von der Schlacke zurückgehalten; dasselbe gilt auch für in Chloroformwasser gelösten Zucker während die kein Chloroform enthaltenden Zuckerlösungen ausgezeichnet von den Filtern gereinigt werden, so daß schon im ersten Oxydationsbassin 75 Prozent derselben zersetzt werden. Diese Befunde berechtigen zu der Annahme, daß die Zersetzung des Zuckers, welcher keine Absorptionsfähigkeit besitzt, in der Flüssigkeit selbst zu einer Zeit, wo das Filter gefüllt steht, stattfindet. Dasselbe Schicksal wie der Zucker erleiden Harnstoff, Stärke und viele andere organische in Abwässern vorkommende und den Gesetzen der Adsorption nicht unterworfenen Substanzen.

Die eben erwähnten Prozesse werden höchstwahrscheinlich von dem zauberischen biologischen Agens, auf dessen Kosten der größte Teil der Abwasserreinigung vor sich geht, hervorgebracht; es besteht jedoch auch noch eine Möglichkeit, auf welche einige diese Frage behandelnde Forscher hinweisen, ohne direkte Beweise für sie aufzubringen, nämlich das Hungern der Mikroben, welche während dem Leerstehen des Filters nicht nur mit der Zersetzung der an der Schlackenoberfläche aufgestapelten organischen Stoffe fertig werden, sondern auch noch aushängen.

Das zauberische Agens, das geheimnisvolle Etwas, welches nicht absorbierbare Substanzen zersetzt während des Vollstehens, das bei Eiskühlung seine Arbeit einstellt, sollten es nicht die Enzyme sein?

Was die Stillung des Hungers bei Bakterien betrifft, so weiß ich nur, daß Mikroorganismen tatsächlich wie Kolloide wirken und aus Nährlösungen manche Substanzen unter Absorptionserscheinungen verschwinden

lassen, indem sie dieselben offenbar auf ihren Leib niederschlagen, um sie dann vielleicht durch Osmose zu assimilieren. Es sind das interessante Versuche, deren Studium uns sicher noch wertvolle Anhaltspunkte geben wird über die Wirkungsweise der Bakterien auch auf den Tierkörper. Die nicht durch Giftproduktion wirkenden Pathogenen töten offenbar durch rapide Absorption irgend eines wichtigen Säftebestandteils. Für diese Fälle wird man dann auch kein Heilserum darstellen können."

Wie von vornherein anzunehmen ist, hat Dunbar niemals daran gedacht, den Vorgang so aufzufassen, als ob zuerst ausschließlich Absorptionskräfte wirkten derart, daß erst auf das Kommando „Fertig" die Mikroorganismen nun heißhungerig über das fertiggestellte Mahl herfallen. Im übrigen ist in Dunbars Arbeit auf das deutlichste gesagt, daß sich in den mit Abwässern gefüllten Oxydationskörpern außer Absorptionswirkungen auch Zersetzungsprozesse ohne Zweifel abspielen. Dies würde derart nachgewiesen, daß sieben gut arbeitende Oxydationskörper durch energisches Ausspülen von sämtlicher auswaschbarer Kohlensäure befreit wurden. Hierauf wurden sie mit demselben Abwasser gefüllt und stehen gelassen, der erste 5 Minuten, der zweite eine halbe Stunde usw. bis zu 12 Stunden. Das Ergebnis der Kohlensäurebestimmung war folgendes:

Rohwasser Oxydationskörper Nr.	Dauer des Vollstehens	Kohlensäure mg in Liter		Herabsetzung der Oxydierbarkeit in Prozenten
		frei u. halbgebundene	freie	
Rohwasser	—	132·0	30·8	—
1	5 Minuten	178·9	68·9	79·2
2	30 „	208·3	96·3	79·2
3	1 Stunde	214·1	104·1	79·2
4	2 Stunden	217·1	116·1	79·7
5	3 „	243·5	131·3	79·9
6	6 „	249·3	134·9	78·8
7	12 „	272·8	156·2	79·9

Wenn also schon nach 5 Minuten 68·9 mg freie und 178·9 mg freie und halb gebundene Kohlensäure produziert wurde und wenn diese Kohlensäuremengen im Verlauf der nächsten Zeit noch sehr erheblich zunahmen, so ist hiermit der Beweis geliefert, daß sich Zersetzungsprozesse schon vom ersten Moment des Kontaktes an abspielen. Freilich sind diese Vorgänge, wie Dunbar weiterhin nachwies, nicht im entferntesten von der Intensität, wie wir sie im entleerten Oxydationskörper beobachten, als Ausdruck dafür, daß jetzt die gesamte absorbierte Masse oxydabler Substanzen mineralisiert wird. Hier kommt es unter der Einwirkung aller der Kräfte, von welchen der Reinigungsprozeß abhängig ist, zur Bildung großer



Mengen Kohlen-Salpeter-Schwefelsäure und anderer Produkte, welche in den Abflüssen erscheinen, soweit sie nicht wie z. B. ein Teil der Kohlensäure und elementarer Stickstoff in die Atmosphäre entweichen.

Der immer wieder auftauchenden Ansicht, daß bei den biologischen Reinigungsverfahren immer ein gewisser Prozentsatz fäulnisfähiger Substanz in unveränderter Form durch die Anlage hindurchgehe, hat Dunbar schon vor Jahren widersprochen, indem er die Unhaltbarkeit analytisch feststellte. Er zeigte, daß, wenn im Rohwasser 100 mg organischer Stickstoff enthalten sind und im Abfluß nur 25 mg, nicht nur 75 sondern alle 100 mg in andere Verbindungen übergeführt sind, d. h. die noch restierenden 25 mg Stickstoff erscheinen in anderer Bindung und sind dementsprechend von anderer Bedeutung, als sie es ursprünglich waren als Bestandteil des fäulnisfähigen Eiweißmoleküls. Der Nachweis ist leicht geführt.

Ein Oxydationskörper wird mit einer 0·4 prozentigen Eiweißlösung beschickt. Die Abflüsse, welche eine Abnahme der Oxydierbarkeit von 90 Prozent zeigten, waren nicht fäulnisfähig und zeigten keine Biuretreaktion. Diese Unmöglichkeit, im Abfluß Eiweiß nachzuweisen, ist nur damit zu erklären, daß nicht nur 90 Prozent, sondern 100 Prozent des Eiweißes abgebaut sind und daß 10 Prozent Oxydierbarkeit durch die Abbauprodukte veranlaßt wurden. Andernfalls hätten die Abflüsse dieselben Eiweißreaktionen geben müssen, wie es eine 0·04 prozentige Eiweißlösung tut, die fäulnisfähig ist und nicht nur Biuretreaktion, sondern sogar die Gerinnungsprobe positiv zeigt. Aber auch mit Abwasser kommt man zu entsprechenden Resultaten. In einem auf dem Kongreß des „Sanitary Institute in Glasgow“ gehaltenen Vortrag führt Dunbar aus:

„Der Gehalt an organischem Stickstoff eines von uns untersuchten Abwassers betrug 148·72 mg pro Liter. Nachdem dieses Abwasser der biologischen Reinigungsmethode unterworfen worden war, betrug der Gehalt an organischem Stickstoff noch 50·77 mg im Liter. Dieses Produkt war geruchlos und der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich.

Eine zweite Abwasserprobe enthielt vor der Reinigung 78·4 mg pro Liter organischen Stickstoff, nach der biologischen Reinigung 31·36 mg. Letztere Probe war nicht mehr fäulnisfähig.

Bei einer dritten, der stinkenden Fäulnis in hohem Grade zugänglichen Abwasserprobe betrug der Gehalt an organischem Stickstoff 29·9 mg im Liter. Er war also etwa so hoch, wie in dem gereinigten Produkt des eben erwähnten Schmutzwassers, das nicht mehr fäulnisfähig war. Nach der biologischen Reinigung der dritten Probe belief sich ihr Gehalt an organischem Stickstoff noch auf 9·7 mg im Liter und dieses Produkt war geruchlos und der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich.



Eine vierte Schmutzwasserprobe verfiel mit 9 mg organischem Stickstoff im Liter der stinkenden Fäulnis. Nach biologischer Reinigung enthielt sie noch 3·4 mg organischen Stickstoff im Liter und war geruchlos und der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich.

Solche Befunde wird jeder Analytiker, der Gelegenheit gehabt hat, verschiedenartige Schmutzwässer zu untersuchen, in seinen Akten finden."

Diese Tatsachen sind nur damit zu erklären, daß nur Abbauprodukte der fäulnisfähigen Substanzen den organischen Stickstoff im Abfluß repräsentieren. Demnach gehen bei einem gut funktionierenden Oxydationskörper fäulnisfähige Abwasserstoffe überhaupt nicht in die Abflüsse über.

Einen weiteren Beweis erbrachten Korn und Kammann in ihrer Arbeit über den „Hamburger Test". Nachdem die guten Erfolge der Reaktion sich bei Rohwässern und Abflüssen bestätigt hatten, prüften sie, ob durch Verdünnung von fäulnisfähigem Rohwasser, bis ungefähr eine Abnahme der Oxydierbarkeit von 60 Prozent erreicht war, Produkte erhalten würden, die keine Fäulnis mehr aufwiesen. Hier zeigte sich, daß nicht die Verdünnung allein genügt, um den Ausfall der Reaktion zu beeinflussen, sondern daß tatsächlich durch biologische Reinigung die Mineralisierung des organischen Schwefels erreicht sein muß, wenn die Reaktion ausbleiben soll. So sehen wir überall den Effekt abhängig von einer durchgreifenden Zerstörung der komplexen Körper.

Nach der Absorptionstheorie erklärt sich der Vorgang in einfachster Weise. Nehmen wir zunächst einen eingearbeiteten Füllkörper. Während des Leerstehens werden die absorbierten Substanzen, wie Dunbar nachgewiesen hat, energisch zersetzt; bringe ich hierauf Rohwasser in den Körper, so wird sich in dem Benetzungshäutchen sofort ein Ausgleich vollziehen. Die hochmolekularen Abwasserbestandteile werden im Benetzungshäutchen absorbiert, während die schwieriger absorbierbaren, meist mineralisierten Zerfallprodukte der vorhergehenden Beschickung in das von absorbierbarer Substanz sich befreiende Rohwasser übertreten werden. Es handelt sich hierbei einfach um Herbeiführung ganz natürlicher Gleichgewichtszustände durch Austausch, die, wie oben dargetan wurde, in dem Wesen der Absorption ihre einfachste Begründung finden. Man nehme zwei verschiedene Lösungen, welche derart hergestellt sind, daß der gelöste Körper gerade in dem Lösungsmittel des andern besser löslich ist, als in seinem eigenen, bringt man die Flüssigkeiten zusammen, so wird sich der Austausch vollziehen. Beim Oxydationskörper wird das, was im Hochdruck des Absorptionshäutchens löslicher ist als bei gewöhnlichem Druck, alles Absorbierbare also, in das Benetzungshäutchen eintreten. Die Abbauprodukte aber werden das Benetzungshäutchen verlassen, weil sie



in dem sie umspülenden, unter Atmosphärendruck stehenden Rohwasser bessere Lösungsbedingungen finden. Alles vollzieht sich erfahrungsgemäß in wenigen Minuten. Freilich muß man beim Füllkörper so lange warten, bis die Diffusionsströmungen alle absorbierbare Substanz in den Wirkungsbereich der Molekularkräfte der großen Oberfläche gebracht haben. Damit dies möglichst leicht geschieht, wählt man möglichst feines Material, so daß die zwischen den Brocken stehende Flüssigkeitsschicht möglichst dünn ist. Beim Tropfkörper aber gestalten sich die Verhältnisse derart, daß das zwischen Tropfenbildung und Ausbreitung sich unzählige Male wiederholende Spiel auf fortwährend wechselnden Straßen sich vollzieht. So wird ermöglicht, daß die mit Schmutzstoffen beladenen Tropfen stets ein sozusagen reines Terrain vorfinden, weil die Mikroorganismen Zeit hatten, ihr Zersetzungswerk zu vollenden. Man braucht die Tropfkörper nur so zu konstruieren, daß das aufgebrachte Wasserquantum zur Oberflächenentwicklung in den erforderlichen Beziehungen steht und daß die Verteilung des Abwassers eine derart vollkommene ist, daß kein Teil der Oxydationskörper brach liegt, sondern in regelmäßigem Wechsel benetzt wird.

Die Berücksichtigung der besprochenen Punkte wird dem Techniker dazu verhelfen, eine Anlage zu bauen, die ihre Schuldigkeit tut. Er wird sich überzeugen, daß sich ihre Außerachtlassung bitter rächt, wenn auch im übrigen alle die vielen Bedingungen erfüllt sind, die sonst noch bei Disponierung derartiger Reinigungsanlagen in Betracht gezogen werden müssen. Nur der, welcher alle in Frage kommenden Kräfte erkennt und zu bewerten versteht, wird in der Lage sein, die äußeren Verhältnisse so zu gestalten, daß jede derselben in vorgeschriebener Bahn zur höchsten Entfaltung kommt.

Literatur-Verzeichnis.

1. Dr. O. **Kröhnke** in Hamburg u. Dr. W. **Biltz**, Privatdozent in Göttingen, Über organische Kolloide aus städtischen Abwässern und deren Zustandsaffinität. *Hygienische Rundschau.* 1904. Nr. 9.

2. **William Owen Travis**, The elimination of suspended solids and colloidal matters from sewage. *Except Minutes of Proceedings of the institution of civil engineers.* Session 1905—06.

3. W. **Dunbar**, Die Behandlung städtischer Spüljauche mit besonderer Berücksichtigung neuerer Methoden. *Deutsche Vierteljahresschr. f. öffentl. Gesundheitspflege.* Bd. XXXI.

4. **Derselbe**, Zur Frage über die Natur und Anwendbarkeit der biologischen Abwasserreinigungsverfahren, insbesondere des Oxydationsverfahrens. *Ebenda.* Bd. XXXI.

5. **Derselbe**, Beitrag zur Kenntnis des Oxydationsverfahrens zur Reinigung von Abwässern. *Vierteljahreschrift f. gerichtl. Medizin und öffentl. Sanitätswesen.* 3 Fol. XIX. Suppl.-Heft. Bd. XXXI.

6. **Dunbar** u. **Zirn**, Beitrag zur Beurteilung der Anwendbarkeit des Oxydationsverfahrens für die Reinigung städtischer Abwässer. *Ebenda.* Bd. XXXI.

7. **Dunbar** u. **Thumm**, *Beitrag zum derzeitigen Stande der Abwasserreinigungsfrage, mit besonderer Berücksichtigung der biolog. Reinigungsverfahren.* München-Berlin. 1902. S. 142.

8. **Farnsteiner-Buttenberg-Korn**, *Leitfaden für die chemische Untersuchung von Abwasser.* 1902. S. 65.

9. **Dunbar**, Zur Abwasserreinigung in Oxydationskörpern mit kontinuierlichem Betriebe. *Gesundheits-Ingenieur.* 1903. Nr. 1—4.

10. **Derselbe**, L'épuration bactérienne. *Kongreß f. Hygiene u. Demographie.* Brüssel 1903.

11. **Kattein** u. **Lübbert**, Zur Bedeutung der Absorptionsvorgänge bei der biologischen Abwasserreinigung. *Gesundheits-Ingenieur.* 1903. Nr. 25.

12. **Dunbar**, Standards of purity for sewage effluents. *Journal of the Royal Sanitary Institute.* 1904. Vol. XXV. Part. III. Congress at Glasgow 1904.

13. **Derselbe**, Reinigung von Abwässern mittels intermittierender Bodenfiltration. *Gesundheits-Ingenieur.* 1905. Nr. 4—7.

14. **Derselbe**, Zur Beurteilung der Wirkung von Abwasserreinigungsanlagen. *Ebenda.* 1905. Nr. 10 u. 12.

15. **Derselbe**, Ist die Wirkung der Oxydationskörper eine rein mechanische? *Ebenda.* 1905. Nr. 15.



16. Schumacher, Die Desinfektion von Krankenhausgruben mit besonderer Berücksichtigung des Chlorkalkes und ihre Kontrolle. *Gesundheits-Ingenieur.* 1905. Nr. 22—24.

17. Schwarz, Über die Desinfektion von Abwässern unter Berücksichtigung der nachherigen biologischen Reinigung. *Ebenda.* 1906.

18. Kammann u. Carnwath, Über intermittierende Bodenfiltration. *Ebenda.* 1906.

19. Dunbar, Untersuchungen über die Abwasserreinigung mittels intermittierender Filtration in der Versuchsstation Lawrence. *Ebenda.* Nr. 8 u. 12.

20. Derselbe, Über moderne Abwasserreinigungsmethoden mit besonderer Berücksichtigung des biologischen Verfahrens. *Zeitschrift des österr. Ingenieur- u. Architekten-Vereins.* 1906. Nr. 46 u. 47.

21. Korn u. Kammann, Der Hamburger Test auf Fäulnisfähigkeit. *Gesundheits-Ingenieur.* 1907.

22. O'Shaughnessy u. Kinnersley, The behavior of colloids in sewage. *Journal of the society of chemical Industry.* 1906. Aug. 15.

23. Dzierzgowsky, Zur Theorie künstlicher biologischer Filter. *Gesundheits-Ingenieur.* 1907.

24. Lübbert, Biologische Abwasserreinigung. Zur Wirkungsweise der Oxydationskörper. *Gesundheits-Ingenieur.* 1906.

[Aus dem Marine-Lazarett Kiel.]

Gelenkrheumatismus und Herzerkrankungen.

Von

Marine-Oberstabsarzt Dr. **Nenninger,**
Oberarzt der inneren Abteilung.

Der akute Gelenkrheumatismus gehört zu den Erkrankungen, die der Marinearzt häufig zu Gesicht bekommt. Er zeichnet sich unter den in der Marine häufigeren Infektionskrankheiten durch eine Sonderstellung aus, derart, daß er von den Schwankungen, die die Zahl anderer, wie Wechselfieber, Grippe, Typhus oder Ruhr plötzlich in die Höhe schnellen und ebenso wieder abstürzen lassen, so gut wie unberührt bleibt, bei besonderen Anlässen durch eine oder die andere von ihnen überflügelt wird, zu gewöhnlichen Zeiten aber den ersten Platz unter den allgemeinen Infektionskrankheiten behauptet. Zwar zeigt auch er, wie die Infektionskrankheiten überhaupt, dank den stetig verbesserten Lebensverhältnissen der Mannschaften, einen langsamen aber regelmäßigen Rückgang. 1895/96 machte die Zugangsziffer mit 328 Fällen noch 15·3 Prozent des gesamten Mannschaftsstandes aus; im Jahre 1903/1904 ist sie auf unter die Hälfte, auf 7·4 Prozent gesunken.[1] Immerhin sind die Zugangszahlen, da sich der Mannschaftsstand inzwischen erheblich vermehrt hat, noch groß genug.

Der Gelenkrheumatismus erscheint nach den Sanitätsberichten über die Kaiserlich Deutsche Marine als eine verhältnismäßig leichte und gutartige Erkrankung, deren günstiger Verlauf des öfteren betont wird. Und

[1] *Sanitätsberichte über die Kaiserl. Deutsche Marine.*



doch rechnet man ihn sonst unter die ernsten Krankheiten, deren Folgen weit über sie hinausreichen und ihren Schatten oft auf das ganze spätere Leben werfen.[1] Woher kommt dieser Widerspruch? Überwinden unsere jugendkräftigen Leute die sonst schwere Erkrankung leichter, oder haben wir es in Kiel mit einem milderen Krankheitsverlauf zu tun?

Jeder in unseren großen Lazaretten beschäftigte Arzt wird diese Fragen verneinen. Sieht er doch immer und immer wieder, wie gerade der Gelenkrheumatismus Opfer auf Opfer den Reihen der Invaliden zuführt. Für ihn klärt sich auch der scheinbare Widerspruch der Sanitätsberichte mit den tatsächlichen Verhältnissen leicht auf. Da nämlich die Gepflogenheit herrscht, stets das die Invalidität bedingende Leiden als endgültige Diagnose zu führen, so erscheinen alle die, die durch ihr im Gefolge von Gelenkrheumatismus entstandenes Herzleiden aus dem Dienst ausscheiden müssen, nicht unter dem Gelenkrheumatismus, sondern unter den Herzkrankheiten. Im dortigen Zusammenhang treten dann die Beziehungen zum Gelenkrheumatismus nicht so deutlich hervor, ja in Fällen, bei denen sich die Herzerkrankung nicht direkt an den Gelenkrheumatismus anschließt, sondern als spätere scheinbar selbständige Erkrankung folgt, gehen die Beziehungen zu ihm mehr weniger völlig verloren.

Es schien mir eine dankenswerte Aufgabe, diese Beziehungen durch mehrere Jahrgänge unseres Krankenmaterials hindurch zu verfolgen, die natürlichen Zusammenhänge, die durch die Rapporterstattung auseinandergerissen waren, wieder herzustellen und so den richtigen Gesichtswinkel für die Betrachtung des Verhältnisses von Gelenkrheumatismus zu Herzerkrankungen zu gewinnen.

Hierzu schien mir eine Aufstellung aus unserem Material besonders geeignet; denn wenn Přibram[2] die Mängel aller Krankenhausstatistiken hervorhebt, die die Beantwortung wichtiger hierher gehöriger Fragen nur unter Vorbehalt gestatten, so sind wir Militärärzte und im besonderen wir Marineärzte dem gegenüber in einer günstigeren Lage.

Von vornherein sind wir durch die Einstellungsuntersuchungen über den körperlichen Zustand jedes einzelnen Mannes hinlänglich genau unterrichtet, so daß für uns die Entscheidung, ob ein bei Gelenkrheumatismus beobachteter Herzfehler nicht schon etwa vorher bestanden habe, keiner Schwierigkeit unterliegt. Weiter haben wir den großen Vorteil, unsere Kranken von Anbeginn an, an Bord beispielsweise eigentlich schon in den

[1] Bäumler, Der akute Gelenkrheumatismus. *Die deutsche Klinik am Eingang des XX. Jahrhunderts.* Bd. II. S. 43.

[2] Přibram, Der akute Gelenkrheumatismus. Nothnagels *Spezielle Pathologie und Therapie.* Bd. V. Teil I. S. 129.



ersten Stunden, in Behandlung zu bekommen. Wir sehen also wirklich die Anfänge, während den Zivilkrankenhäusern die Kranken oft erst auf der Höhe, im allgemeinen sicherlich erst in einem vorgerückteren Stadium ihrer Krankheit zugehen, und wir sind weiterhin in der glücklichen Lage, das Schicksal unserer Kranken auch nach der Entlassung, solange wenigstens als sie sich im aktiven Dienststand befinden, verfolgen und kontrollieren zu können.

Selbst gegen Mängel unserer diagnostischen Einsicht, wenn wir uns in Hinsicht auf die Leistungsfähigkeit des Herzens geirrt haben, sind wir bis zu einem gewissen Grade geschützt durch die Berichtigung, die ihr der Dienst mit seinen Anforderungen angedeihen läßt.

Diese Vorbemerkungen so ausführlich voranzustellen, schien mir deshalb nötig, um die Grundlage, auf der sich die gefundenen Zahlen aufbauen, beurteilen zu können.

Vom 1. April 1900 bis jetzt sind in das Marinelazarett Kiel 605 Fälle von Gelenkrheumatismus aufgenommen worden.

Tabelle I.

		Herzkomplikationen		dienstunbrauchbar wurden infolge der Herzkomplikationen		
	Zugänge an Gelenkrheumatismus	absolut	in Prozenten	absolut	in Prozenten des Gesamtzuganges	in Prozenten der Herzkomplikationen
1900/01	87	30	34·48	13	14·94	43·33
1901/02	182	129	70·66	58	31·87	44·98
1902/03	100	62	62·00	29	29·00	46·77
1903/04	70	50	71·43	21	30·00	42·00
1904/05	99	55	55·55	19	19·19	34·54
1905/06	46	35	76·08	14	30·43	40·00
1906/07	21	13	61·90	2	9·52	15·38
	605	374	61·82	156	25·78	41·71

(Die Abnahme in den beiden letzten Berichtsjahren ist durch die Eröffnung des Marinelazaretts in Kiel-Wik bedingt; die hohe Ziffer im Berichtszeitraum 1901/1902 dadurch, daß dieser durch Verlegung der Berichterstattung vom 1. April auf den 1. Oktober $1^1/_2$ Jahre umfaßt.)

Unter diesen 605 Fällen sind 374 mal Herzkomplikationen beobachtet worden, was 61·82 Prozent entspricht. Auf die Art der Herzerkrankungen soll noch weiter unten eingegangen werden, hier kommt es mir zunächst einmal darauf an, die Herzkomplikationen insgesamt zu betrachten.



Wirft man einen Blick auf die verschiedenen Statistiken, so kann man aus den großen Schwankungen, wie sie beispielsweise beistehende, Worobjew[1] entnommene Zusammenstellung wiedergibt, leicht die Schwierigkeiten sehen, in der sich die einzelnen Autoren der Frage gegenüber, was als Herzkomplikation aufzufassen sei, befunden haben.

So beobachteten Endocarditis bei akutem Gelenkrheumatismus:

Roth, Stoll, Duchek, Wunderlich, Leudet	in	10—20	Prozent.
Lebert, Bamberger, Esselen	„	20—30	„
Mayer, Budo	„	30—40	„
Latham, Peacock	„	40—50	„
Bury, Pye-Smith, Sibson	„	50—60	„
Singer (auf Grund bakteriologischer Daten) .	„	72	„

Unter den neuesten Statistiken führt Přibram[2] in seiner Monographie 231 Fälle von Herzkomplikationen unter 677 Fällen = 34·27 Prozent an, Harrass[3] bei 58 Kranken 55·2 Prozent. Der erstere erwähnt aber eigens, daß nicht ersichtlich sei, wie viele von diesen Fällen schon vordem mit einem Klappenfehler behaftet waren und betont, daß derartige Statistiken sehr an Wert verlieren, da die Zahlenangaben teils zu hoch, teils zu niedrig sein können, je nachdem der betreffende Beobachter bei jedem Herzgeräusch eine Endocarditis diagnostiziert oder strengere Anforderungen an ihre Diagnose stellt, und er gibt die Möglichkeit zu, daß unter seinen Fällen manche mitgelaufen sein mögen, in denen nichts als ein systolisches Geräusch hörbar war.

Anderseits muß man sich doch immer wieder vor Augen führen, daß häufig schon das Herz mitbeteiligt ist, ohne daß man außer einer leichten Pulsbeschleunigung etwa einen objektiven Befund den subjektiven Klagen über Herzklopfen und Stiche in der Herzgegend entgegenzusetzen hätte; daß das Auftreten unreiner Töne an der Spitze oder mehr über der Herzmitte, weiterhin von systolischen Geräuschen an gleicher Stelle und an der Pulmonalis, manchmal auch gleich am ganzen Herzen, vielfach der objektive Ausdruck der Herzerkrankung ist, die im weiteren Verlauf wohl auch noch durch Erweiterung besonders nach links hin deutlicher in die Erscheinung tritt; daß diese Herzerscheinungen zwar zum Teil vollständig und ohne einen sichtbaren Nachteil für die Herzleistung

[1] Worobjew, Zur Frage über die Ätiologie der Herzfehler. *Deutsches Archiv für klin. Medizin.* 1901. S. 470.

[2] Přibram, S. 133.

[3] Harras, Über die Häufigkeit der Komplikationen der Polyarthritis rheumatica acuta, insbesondere derer von Seiten des Herzens. *Münchener med. Wochenschrift.* 1904. Bd. LI.

zu hinterlassen, verschwinden können, daß aber doch auch die Fälle nicht selten sind, wo sie dies nur scheinbar tun und nach längerem oder kürzerem Zwischenraum an die scheinbare Gesundung ein Herzfehler sich anschließt.

Wie vorsichtig man seine Prognose in dieser Hinsicht stellen muß, dafür liefern gerade unsere Kranken manch lehrreiches Beispiel. Das Herzgeräusch ist verschwunden, die Gelenkerscheinungen sind seit geraumer Zeit weg, der Kranke wird als geheilt entlassen, gewöhnlich mit mehrwöchentlichem Urlaub. Bei Wiederaufnahme des Dienstes verspürt der eine oder der andere auf einmal Herzbeschwerden, versucht es wohl auch eine Zeitlang mit dem Dienst, oder geht schon gleich dem Lazarett als herzkranker Mann wieder zu.

1. Seesoldat W., 18 Jahre alt, lag vom 8. XII. 06 bis Mitte März d. J. wegen Erkrankung an akutem Gelenkrheumatismus im Lazarett. Bei der Aufnahme fanden sich am Herzen etwas dumpfe Töne und ein systolisches Geräusch an der Pulmonalis, das am 10. I. 07 nicht mehr zu hören war. Vom 3. II. bis 9. II. fieberhafte Mandelentzündung. 9 Tage später unter abermaligem Fieber Nachschub der Gelenkerscheinungen, der bis zum 25. II. dauerte. Der Kranke wurde am 19. III. 07 anscheinend mit völlig gesundem Herzen entlassen und erhielt einen Erholungsurlaub. Während desselben will er einmal leichtes Ziehen im Fuß verspürt haben. Als er dann Dienst tat, traten Herzbeschwerden auf. Am 21. V. kam er mit ausgesprochenen Herzerscheinungen, lauten systolischen Geräuschen am ganzen Herzen, mäßig verstärktem zweiten Pulmonalton, mäßiger Verbreiterung des Herzens nach links und verbreitertem, nicht hebendem Spitzenstoß und beschleunigtem, ziemlich kleinem Puls erneut in Zugang und wird zweifellos als dienstunbrauchbar entlassen werden müssen.

2. Oberheizer Sch. 22 Jahre. Vom 7. XII. 06 bis 12. I. 07 an erstem Rückfall eines akuten Gelenkrheumatismus in Lazarettbehandlung. (Der Ersterkrankung 1905 war Mandelentzündung vorangegangen.) Bei Aufnahme Klagen über Herzklopfen und Herzstiche, aber keinerlei regelwidriger Befund am Herzen. Am 30. XII. bis 6. I. Mandelentzündung. Am 12. I. 07 geheilt entlassen.

Als er an diesem Tage seinen Kleidersack tragen sollte, konnte er es wegen neu auftretender Herzstiche nicht. Bis 10. II. auf Erholungsurlaub. Danach ging es eine Zeit ganz gut, dann traten wieder Herzbeschwerden auf. Geht am 22. II. wiederum dem Lazarett zu. Befund: leicht hebender Spitzenstoß, verbreitert bis Brustwarzenlinie, Herztätigkeit nach Bewegungen leicht unregelmäßig. Periphere Körperteile kühl. Besserung durch Kohlensäurebäder. Da er nur leichten Dienst hat, dienstfähig entlassen.

3. Matrose E. 23 Jahre, Rekrut. Erkrankt am 1. I. 07 an akutem Gelenkrheumatismus, nachdem er 14 Tage vorher Mandelentzündung durchgemacht hat. Am Herzen bei Aufnahme ins Landlazarett systolische Geräusche an Tricuspidalis und Pulmonalis, sonst kein Befund. Am 16. I. sind

Gelenkerscheinungen völlig zurückgegangen. Puls jetzt 51 Schläge. Am 30. I. Herzgeräusch kaum hörbar; steht zeitweise auf. Am 7. II. Geräusch an Pulmonalis verschwunden. Bei Entlassung am 27. II. noch ganz leises Geräusch an Tricuspidalis. Wird dienstfähig entlassen und auf Erholungsurlaub geschickt (der behandelnde Arzt hat sich eigens darüber ausgesprochen, daß die Geräusche als endokarditisch aufzufassen seien). Geht nachher dem Lazarett Wilhelmshaven mit Mitralinsufficienz zu und wird dienstunbrauchbar.

Die Beispiele dafür sind gar nicht so selten und vielleicht sind es in der Hauptsache wir Militärärzte, die sie zu sehen bekommen. Im bürgerlichen Leben findet sich der scheinbar Genesene viel besser mit seinem sich entwickelnden Herzfehler ab und geht trotz ihm unter Umständen seinem anstrengenden Beruf ohne Beschwerden nach. Wir beobachten das nicht zu selten bei solchen Leuten, deren Herzfehler bei der Einstellung übersehen worden ist. Erst eine ganz bestimmte dienstliche Veranlassung, die eine besondere Kraftleistung vom Herzen verlangt, pflegt den Kranken auf sein Leiden aufmerksam zu machen und zum Arzt zu führen.

Matrose E. 19 Jahre. Rekrut, hat als 14jähriger Knabe Gelenkrheumatismus überstanden, seitdem bei starken Anstrengungen, er ist Schlosser, öfters Herzklopfen. Er erwähnte davon nichts bei der Einstellung und meldete sich auch während seiner Ausbildungszeit nicht krank. Stärkere Beschwerden traten erst auf, als er bei Indienststellung seines Schiffes schwere Ballasteisen zu schleppen hatte. Zugang am 11. V. 06 mit schwirrendem, verbreitertem Spitzenstoß, leichter Verbreiterung des Herzens nach rechts, systolischen Geräuschen an Spitze, Aorta und Pulmonalis, etwas schnellendem Puls, geringer Cyanose und leichter Leberschwellung. Dienstunbrauchbar entlassen.

Oder aber eine gelegentliche Untersuchung, wie sie beispielweise vor dem Training der Ruderbootsmannschaften statthat, läßt den bisher latenten Herzfehler finden.

Matrose R., 22 Jahre, hatte als Kind vor der Schulzeit Gelenkrheumatismus, später Diphtherie und Masern. Nachdem immer gesund. Ist Kahnschiffer von Beruf und dient bereits 1 Jahr 4 Monate. Bei Untersuchung an Bord auf Tauglichkeit als Kuttergast wurde eine Mitralinsufficienz festgestellt. Hiermit am 4. II. 07 dem Lazarett überwiesen und am 20. II. dienstunbrauchbar entlassen.

Ich habe für meinen Berichtszeitraum im ganzen 27 Fälle von Herzleiden gefunden, die einem vor dem Dienst entstandenen Gelenkrheumatismus tributär und bei der Einstellung nicht bemerkt worden sind. Im Gesamtbild der Herzschädigungen durch den Gelenkrheumatismus dürfen sie nicht fehlen. Auf die einzelnen Jahrgänge verteilen sie sich folgendermaßen:



Tabelle II.

1900/01	1
1901/02	4
1902/03	6
1903/04	3
1904/05	3
1905/06	5
1906/07	5
	27

Ich konnte nach dem eben Erörterten kein Bedenken darin sehen, statt mich auf diejenigen Fälle zu beschränken, in denen wie es bei uns üblich ist, die Komplikation ausdrücklich neben der Hauptdiagnose kenntlich gemacht ist, alle diejenigen Fälle als Herzkomplikationen mit heranzuziehen, in denen der Verdacht einer Mitbeteiligung des Herzens aus dem klinischen Befunde wahrscheinlich gemacht wurde, und ich glaube nach meinen Erfahrungen damit keinen großen Fehler gemacht zu haben und kann mich dafür wiederum auf Přibram[1] berufen, der trotz der oben geäußerten Bedenken erklärt: „Doch möchten wir im allgemeinen denjenigen Recht geben, welche die größere Zahl von Endocarditis beobachtet zu haben glauben, weil wir die Wahrnehmung gemacht haben, daß in der erdrückenden Mehrzahl derjenigen Fälle, bei denen während der Polyarthritis Herzgeräusche aufgetreten und auch wohl wieder schwächer geworden waren, ohne daß man andere Herzerscheinungen der erwähnten Art nachweisen konnte, sich dennoch mit der Zeit ein Klappenfehler entwickelte."

Ich habe, wie schon erwähnt, unter 605 Zugängen (Ersterkrankungen und Rückfällen) 374 Herzkomplikationen feststellen können. Wem diese Zahl hoch erscheint, der mag aus meiner Tabelle weiter sehen, daß von diesen 374 nicht weniger als 156 so erheblich an ihrem Herzen geschädigt wurden, daß sie als dienstunbrauchbar entlassen werden mußten (mit 156 würde sonach die unterste Grenze der jeder Kritik standhaltenden Herzkomplikationen bezeichnet sein). Man stelle sich vor, jeder vierte Mann, der an Gelenkrheumatismus erkrankt, und es sind doch meistens Männer im Anfang der zwanziger Jahre und im Vollbesitz ihrer Kräfte, wird durch diese Krankheit zum Herzinvaliden gemacht! Das Wort Lasègues: le rhumatisme aigu mord le coeur besteht auch heute noch zu vollem Recht.

[1] Přibram, S. 129.



Tabelle

	Zugänge an Gelenkrheumatismus	Ersterkrankungen		Herzkomplikationen b. Ersterkrankungen		dienstunbrauchbar wurden v. den Ersterkrankten infolge Herzkomplikationen		
		absol.	in Proz.	absolut	in Prozenten	absolut	in Prozenten der Ersterkrankungen	in Prozenten der Herzkomplikationen
1900/01	87	58	66·67	17	29·31	*6*	*10·34*	*35·29*
1901/02	182	114	62·64	83	72·87	*37*	*32·46*	*44·58*
1902/03	100	71	71·00	43	60·56	*16*	*22·53*	*37·21*
1903/04	70	48	68·57	37	77·08	*15*	*31·25*	*40·54*
1904/05	99	74	74·75	41	55·40	*12*	*16·22*	*29·27*
1905/06	46	26	56·52	22	84·61	*8*	*30·77*	*36·36*
1906/07	21	13	61·90	9	69·23	*2*	*15·38*	*22·22*
	605	404	66·78	252	62·38	*96*	*23·98*	*38·09*

Unter den 605 Zugängen finden sich 404 Ersterkrankungen und 201 Rückfälle. Das Verhältnis der Herzkomplikationen ist in beiden annähernd gleich, 252 = 62·38 Prozent im ersten und 122 = 60·7 Prozent im zweiten Fall. Während von diesen 60 = 29·85 Prozent dienstunbrauchbar wurden, sind es von jenen mit 96 Fällen nur 23·98 Prozent. Das Verhältnis hat sich hier also etwas zu Ungunsten der Rückfälle verschoben. Noch deutlicher spricht sich dies im Prozentverhältnis der Dienstunbrauchbaren zu den Herzkomplikationen aus, das bei den Rückfällen fast die Hälfte (49·18 Prozent), bei den Ersterkrankungen dagegen nur 38·09 Prozent ausmacht. Man sollte das ja auch von vornherein erwarten, indem sich hier die Schädlichkeiten gewissermaßen summieren.

Nicht bestätigen kann ich den alten Bouillaudschen[1] Satz: daß bei schwerem, verbreitetem akuten Gelenkrheumatismus die Beteiligung des Endo-, Peri- oder Endopericards die Regel und bei leichtem, wenig Gelenke befallendem und fieberlosem die Ausnahme sei, ein Satz, der nach Přibram auch heute noch bis zu einem gewissen Grade gilt. Der Gelenkrheumatismus jeden Grades und jeder Schwere kann das Herz freilassen oder schädigen; ja ich habe bei den von mir selbst beobachteten Fällen mehr den Eindruck gewonnen, daß gerade die scheinbar leichten und gutartigen Fälle zu Herzkomplikationen neigen und dem optimistischen Beurteiler durch ihren Ausgang eine harte Enttäuschung zu bereiten vermögen.

[1] Bouillaud, *Neue Untersuchungen über den akuten Gelenkrheumatismus der Gelenke im allgemeinen und über das Gesetz der Koincidenz der Pericarditis und Endocarditis mit demselben im besonderen.* Deutsch von Dr. Kersten. Magdeburg 1837.



III.

Rückfälle		Herzkomplikationen bei Rückfällen		dienstunbrauchbar wurden von den Rückfällen		
absolut	in Prozenten	absolut	in Prozenten	absolut	in Prozenten der Rückfälle	in Prozenten der Herzkomplikationen
29	33·33	13	44·83	7	24·14	53·85
68	37·36	46	67·65	21	30·88	45·65
29	29·00	19	65·52	13	44·90	68·42
22	31·43	13	59·09	6	27·27	46·15
25	25·25	14	56·00	7	28·00	50·00
20	43·48	13	65·00	6	30·00	46·15
8	38·09	4	50·00	—	—	—
201	33·22	122	60·7	60	29·85	49·18

Meine 62·38 Prozent Herzkomplikationen bei Neuerkrankungen stimmen gut mit den Angaben von Church und Hirsch[1] überein, in deren Mitte sie etwa stehen. Da beide Autoren auch das Lebensalter ihrer Kranken angeben, so sind ihre Zahlen auch ohne weiteres zu direktem Vergleich heranzuziehen. Der erste berechnet die Beteiligung des Herzens bei Erkrankten von 20 bis 30 Jahren auf 54·52 Prozent, der andere bei solchen im Alter zwischen 21 bis 25 auf 65·3 Prozent.

Wir dürfen ja bei derartigen Vergleichen nicht vergessen, daß das Lebensalter[2] für das Auftreten von Herzkomplikationen eine Rolle spielt, daß das jugendliche Alter besonders dafür disponiert ist, in dem Grad, daß Baginsky[3] als Charakteristikum des kindlichen Gelenkrheumatismus die frühe und fast unausbleibliche Mitbeteiligung des Herzens hinstellt, daß diese Disposition beim wachsenden Körper anhält und erst dann geringer wird. Wie aus der Übersicht über das Lebensalter unserer Gelenkrheumatiker hervorgeht, entfällt die größere Hälfte aller Zugänge und damit auch der Ersterkrankungen und der bei ihnen auftretenden Herzkomplikationen in das 21. bis 23. Lebensjahr, wie es nach dem Alter unserer Mannschaften nur natürlich ist.

Die Prozentzahlen der Herzkomplikationen für das jeweilige Lebensalter finden sich am Schluß der Übersicht und sie lehren gleich, wie mißlich es sein kann, aus ihnen Schlüsse abzuleiten, ohne zu wissen, auf welches Material sie sich stützen. Wenn ich im 30. Lebensjahr nur eine

[1] Přibram, S. 135.

[2] Damsch, Der akute Gelenkrheumatismus. *Handbuch der prakt. Medizin* von Ebstein und Schwalbe. 1901. Bd. III. Teil II.

[3] Baginsky, Der akute Gelenkrheumatismus der Kinder. *Berliner klin. Wochenschrift.* 1904. Bd. XLI.



Tabelle

	1900/01			1901/02			1902/03			1903/04		
	Gesamt-zugang	Erst-erkrankung	Herz-komplikation	Gesamt-zugang	Erst-erkrankung	Herz-komplikation	Gesamt-zugang	Erst-erkrankung	Herz-komplikation	Gesamt-zugang	Erst-erkrankung	Herz-komplikation
16 Jahre	—	—	—	1	1	1	3	2	1	1	1	—
17 „	3	2	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—
18 „	1	1	—	10	7	6	—	—	—	2	2	2
19 „	3	2	2	10	7	5	2	1	1	9	6	6
20 „	6	4	2	12	6	4	7	5	3	6	3	2
21 „	20	12	4	39	25	22	17	12	7	14	13	13
22 „	16	11	3	37	28	17	24	21	12	13	8	6
23 „	14	9	5	26	20	16	27	18	13	9	6	4
24 „	13	8	1	14	7	4	9	5	3	5	3	2
25 „	2	2	2	10	7	2	4	4	1	3	1	—
26 „	—	—	—	4	1	—	2	1	1	3	2	1
27 „	3	2	—	6	2	2	—	—	—	1	1	—
28 „	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	1	—
29 „	2	2	—	3	3	—	1	—	—	—	—	—
30 „	—	—	—	2	1	1	1	—	—	—	—	
31 „	1	1	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—
32 „	1	1	—	1	1	1	—	—	—	1	1	1
33 „	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1	—	—
34 „	2	1	—	1	1	1	—	—	—	1	—	—
35 „	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
36 „	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
40 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
43 „	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
47 „	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—
52 „	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
	84	58	19	182	114	82	100	71	43	70	48	37

IV.

1904/05			1905/06			1906/07			Summa				
Gesamt-zugang	Erst-erkrankung	Herz-komplikation	Gesamt-zugang	Erst-erkrankung	Herz-komplikation	Gesamt-zugang	Erst-erkrankung	Herz komplikation	Gesamt-zugang	Erst-erkrankung	Herzkomplikationen absolut	Herzkomplikationen in Prozenten	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	4	2	50	
1	1	1	—	—	—	—	—	—	5	4	1	25	
1	1	1	1	1	—	1	1	1	16	13	10	76·9	
2	2	2	—	—	—	2	2	—	28	20	16	80	
12	11	8	4	1	1	3	1	—	50	31	20	64·5	
20	15	8	13	10	9	8	4	4	131	91	67	73·7	68·4
22	14	6	11	8	8	3	2	1	126	87	53	60·9	
16	15	9	6	2	2	3	2	2	101	72	51	70·8	
12	9	4	4	2	—	—	—	—	57	34	14	41·17	
5	3	1	3	1	—	1	1	—	28	19	6	31·57	
2	—	—	1	—	—	—	—	—	12	4	2	50	
1	1	1	—	—	—	—	—	—	11	6	3	50	
1	1	1	—	—	—	—	—	—	3	2	1	50	
1	—	—	—	—	—	—	—	—	7	5	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1	1	100	
—	—	—	1	1	1	—	—	—	3	3	1	33·3	
—	—	—	1	—	—	—	—	—	4	3	2	66·6	
1	1	—	1	—	—	—	—	—	4	2	1	50	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	2	1	50	
1	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	
1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	
99	74	42	46	26	21	21	13	8	605	404	252	—	

Erkrankung mit einer Herzkomplikation anführen kann, so sind das 100 Prozent, kann aber doch nicht heißen, daß das 30. Jahr den Höhepunkt für die Herzkomplikationen darstellt. Unter diesem Vorbehalt mag die kleine nachstehende Tabelle zum Vergleich mit den von Church und Hirsch gemachten Angaben dienen. Es beträgt der Prozentsatz der Herzkomplikationen in den ersten Anfällen nach:

Church unter 10 Jahren	55·05	Prozent,
„ 20 „	67·44	„
„ 30 „	54·25	„
„ 40 „	31·18	„
„ 50 „	50·00	„
Hirsch 11—15 „	—	„
16—20 „	52·80	„
21—25 „	65·30	„
26—30 „	50·00	„
31—35 „	83·30	„
36—40 „	—	„
über 40 „	30·00	„

Nach meinen Fällen:

Tabelle V.

	Ersterkrankungen	davon Herzkomplikationen absolut	davon Herzkomplikationen in Prozenten
16—20 Jahre	72	49	68·05
21—25 „	303	191	62·01
26—30 „	18	7	38·89
31—35 „	10	5	50
35—52 „	1	—	—
	404	252	62·37

Für die drei am stärksten beteiligten Lebensjahre, das 21., 22. und 23., beträgt die Prozentzahl 68·4.

In Tabelle VI sind die Rückfälle zusammengestellt und in solche geschieden, in denen die Ersterkrankung vor dem Dienstantritt liegt, in denen also nur die Rückfälle selbst marineärztlich beobachtet wurden, und solche, in denen die Ersterkrankung mit ihren Rückfällen während der Dienstzeit sich abspielt.



Tabelle VI.

	Ersterkrankung											
	vor Diensteintritt					im Dienst						
	1. Rückfall	2. Rückfall	3. Rückfall	4. Rückfall	Summe	1. Rückfall	2. Rückfall	3. Rückfall	4. Rückfall	5. Rückfall	Summe	Gesamtsumme
1900/01	9 (5)	1	—	—	10 (5)	16 (2)	2	1	—	—	19 (2)	29 (7)
1901/02	15 (7)	2	1	1	19 (7)	36 (10)	6 (2)	6 (2)	—	1	49 (14)	68 (21)
1902/03	7 (3)	—	2	—	9 (3)	12 (7)	6 (2)	—	1 (1)	1	20 (10)	29 (13)
1903/04	9 (2)	2	2 (2)	—	13 (4)	7 (1)	1 (1)	1	—	—	9 (2)	22 (6)
1904/05	5 (2)	2	—	—	7 (2)	14 (3)	2 (1)	2 (1)	—	—	18 (5)	25 (7)
1905/06	5 (1)	2 (1)	1	—	8 (2)	8 (3)	3 (1)	1	—	—	12 (4)	20 (6)
1906/07	1	3	2*	—	6*	2	—	—	—	—	2	8
	51 (20)	12 (1)	8 (2)	1	72 (23)	85 (26)	20 (7)	11 (3)	1 (1)	2	129 (37)	201 (60)

Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die dienstunbrauchbar Gewordenen.

Tabelle VII.

Auftreten von Herzkomplikationen bei Ersterkrankungen.

	in der 1. Woche							insgesamt in der 1. Woche	2. Woche	3. Woche	4. Woche	2. Monat	3. Monat	4. Monat	nach 1 Jahr	Angaben unbestimmt	Summe
	am 1. Tag	2.	3.	4.	5.	6.	7.										
1900/01	7	1	—	—	—	—	—	*8*	2	1	1	—	—	—	—	5	17
1901/02	47	2	3	1	2	1	1	*57*	6	7	4	1	—	—	—	8	83
1902/03	20	—	2	—	2	2	2	*28*	3	—	1	4	1	—	—	6	43
1903/04	17	—	1	1	1	1	4	*25*	4	3	1	—	—	—	2	2	37
1904/05	14	4	—	2	3	—	4	*27*	4	1	4	1	—	—	—	4	41
1905/06	10	1	1	—	1	—	3	*16*	3	—	—	1	—	—	—	2	22
1906/07	5	—	—	—	1	—	1	*7*	—	2	—	—	—	—	—	—	9
	120	8	7	4	10	4	15	*168*	22	14	11	7	1	—	2	27	252

Die eingeklammerten Zahlen geben die jeweils infolge Herzfehler dienstunbrauchbar Ausgeschiedenen an. Als am gefährlichsten erweisen sich danach offenkundig die ersten Rückfälle, sie überwiegen bei weitem an Zahl und schaffen mit 136 Fällen 46 Dienstunbrauchbare; alle 65 übrigen zusammen dagegen nur 14, oder 22·88 gegen 6·96 Prozent.

Über den Zeitpunkt, an dem die Herzkomplikationen bei Ersterkrankungen auftreten, sind die Angaben der Autoren schwankend, was nach den Eingangs erwähnten Schwierigkeiten der Statistik nicht verwundern kann. Es gehört dazu, daß man den Kranken gleich im Beginn zur Untersuchung bekommt. Im allgemeinen neigen sich die Anschauungen auf ein frühes Einsetzen der Herzerscheinungen, auf die erste oder zweite Krankheitswoche. Meine Aufstellung kann die erste Angabe nur bestätigen. (Siehe Tabelle VII.)

Wir sehen, daß in der ersten Woche zwei Drittel aller Herzkomplikationen auftreten, ja mehr, daß in der Hälfte das Herz bereits am ersten Tag miterkrankt ist, ohne daß wir den Angaben Gulls und Suttons[1] zustimmen können, nach deren Beobachtung das Herz verschont blieb, wenn es während der ersten Woche nicht erkrankte. So schematisch spielen sich die Dinge denn doch nun einmal nicht ab.

Mehrfach ist von Herzkomplikationen, die den Gelenkerscheinungen um 5 bis 14 Tage voraufgingen, berichtet worden, von Hirsch, G. de Fajole, Hanot, Trousseau, Singer, Martineau und Jaccoud. In einem weiteren Fall von Hanot ist die Endocarditis 5 bis 6 Jahre dem Gelenkrheumatismus vorangegangen. Diesen Fällen möchte ich noch folgende hinzufügen:

1. Torpedomatrose T., 21 Jahre alt, klagt bei Aufnahme am 29. I. 04. über zeitweises Herzklopfen und Stechen in der linken Brustseite. Dies soll schon vor Diensteintritt bestanden haben (wie lange?) und soll nach Durchnässung auf Torpedoboot von neuem aufgetreten sein. Herzbefund: Spitzenstoß verbreitert bis Brustwarzenlinie reichend, nicht hebend. Dämpfung nicht verbreitert, unreine Herztöne an der Spitze. Puls regelmäßig, in Schlagfolge ungleich. Am 26. II. Puls leicht beschleunigt und unregelmäßig, nach Rumpfbeugen aussetzend. Die Unregelmäßigkeit wird weiterhin stärker. Am 17. III. tritt unter mäßigem Fieber eine Mandelentzündung auf, die am 22. völlig abgelaufen ist. Am 23. plötzlich Schwellung im linken Handgelenk, am 2. IV. in beiden Hand- und Ellenbogengelenken (ohne Fieber), die am 4. IV. wieder verschwunden sind. Am 10. IV. Temperaturanstieg auf 38·1° C, in den nächsten Tagen bis 39·6° mit erneuten Gelenkerscheinungen, die nun auch Knie- und Fußgelenke befallen. Gleichzeitig leichte Verbreiterung

[1] Zitiert nach Přibram. S. 137.



des Herzens nach links, stärkere nach rechts und Reibegeräusche. Erst am 6. V. sind Fieberbewegung und Gelenkerscheinungen zurückgegangen. Statt der Reibegeräusche waren vom 24. IV. ab an sämtlichen Ostien systolische Geräusche und klappender zweiter Pulmonalton zu hören. Die Verbreiterung nach rechts war zurückgegangen. An diesem Befund änderte sich nichts mehr. Am 20. VI. 04 als dienstunbrauchbar entlassen.

Also eine alte Endocarditis verschlimmert sich nach einer Durchnässung. Es tritt eine Mandelentzündung hinzu und im Anschluß daran ein Gelenkrheumatismus mit Pericarditis.

2. Matrose E., 21 Jahre alt, Rekrut, leidet seit 4 Jahren an Ischias. Bei Aufnahme am 11. I. 06 ausgesprochene Druckpunkte im Verlauf des ganzen linken Ischiadicus. Spitzenstoß nur schwach fühlbar, am ganzen Herzen nach der Basis stärker werdend systolisches Geräusch. Am 2. II. Temperaturanstieg auf 39°. Mandelentzündung, die am 5. II. abgelaufen ist. Am 12. II. an der Mitralis systolisches und diastolisches Geräusch; zweiter Aortenton klappend. Am 16. II. zeitweise Galopprhythmus. Abends Temperaturanstieg auf 39·5°; gleichzeitig setzt ein schwerer Gelenkrheumatismus ein. Am 20. II. Spitzenstoß 1 cm nach links gerückt. Dämpfung nach rechts 2 cm verbreitert. Weiche systolische Geräusche am ganzen Herzen, rauher, klappender Pulmonalton. Am 26. II. Gelenkerscheinungen verschwunden. Puls normal, Spitzenstoß wieder an alter Stelle. Am 6. III. Nachschub, der diesmal auch Halswirbelsäule und Kehlkopf befällt. Herzbeschwerden, Pulsbeschleunigung, Atemnot. Gegen Ende März ziemlich beschwerdefrei. Ende April hat sich eine Mitralinsufficienz ausgebildet.

Auch hier wieder bestand wohl bereits eine leichte alte Endocarditis, die sich im Anschluß an eine Mandelentzündung verschlimmerte, und zwar trat diese auf, während der Kranke zu Bett lag, wohl durch eine Hausinfektion. Der Verschlimmerung folgte der Gelenkrheumatismus auf dem Fuße. Das schließliche Ergebnis war eine Mitralinsufficienz. Man muß sich natürlich in solch einem Falle fragen, ob die vermeintliche Ischias nicht vielmehr bereits ein chronischer Gelenkrheumatismus gewesen sei. Auf Grund persönlicher Beobachtung des Kranken glaube ich aber diese Möglichkeit bestimmt in Abrede stellen zu können.

3. Matrose F., 21 Jahre, Zugang am 28. I. 02 mit Masern. (Leichtes Fieber, Ausschlag, Conjunctivitis, Schnupfen, fleckige Rötung der Rachenschleimhaut, Bronchitis.) Am 31. I. fieberfrei; jetzt leichte Rötung und Schwellung der Mandeln. Am 6. II. ist letztere zurückgegangen, Ausschlag abgeblaßt, am 13. II. auch die Bronchitis verschwunden.

Am 15. II. leichte Temperatursteigerung bis 37·7°. Schmerzen in der linken Brustseite, in der Achselgegend Reiben, das bald wieder verschwindet. Am 18. III. Klagen über Herzbeschwerden. An der Spitze ein blasendes, systolisches Geräusch. Am 25. III. Herztätigkeit beschleunigt, unregelmäßig, 80 bis 100. Am 16. IV. Herzgrenzen regelrecht. Erster Ton an der Spitze manchmal unrein. Herztätigkeit beschleunigt, stark unregelmäßig, aussetzend,



in Ruhe 90, nach Anstrengung 140; Atmung dann 36. Am 24.4. Temperatursteigerung von 5tägiger Dauer, die am 29. mit 39·7 ihren Höhepunkt erreicht und langsam abfällt, Schmerzen in beiden Hüftgelenken. Salicyl. Am 2.V. schmerzlos. Nochmalige Temperatursteigerung vom 15 bis 19. V. bis 38·9° mit Schmerzen im linken Knie.

Am 29.V. mit Herzbefund vom 16. IV. als dienstunbrauchbar entlassen.

Versuche ich meine Fälle nach der Art der Herzkomplikation zu ordnen, so bin ich infolge mehrfachen Wechsels der betreffenden behandelnden Ärzte[1], ein Umstand, der sich sehr deutlich in der jeweiligen Benennung der Herzkomplikationen zu erkennen gibt, in unsicherer Lage. Es erhellt aber daraus, daß verschiedene Untersucher dieselbe Symptomengruppe in dem einen Jahre so, im anderen so bezeichnen, die große Schwierigkeit, die Frage in der Praxis befriedigend zu beantworten, und sie ist in der Tat schwer. In allen Statistiken findet man die Endocarditis in erster Linie aufgeführt, und doch ist es im Anfang gar nicht möglich, eine solche zu diagnostizieren, wie Romberg[2] sehr richtig hervorhebt. Die geringfügigen Klappenveränderungen könnten zu dieser Zeit gar keine merklichen Störungen hervorrufen. Was man diagnostiziere, sei vielmehr die gleichzeitige Mitbeteiligung des Herzmuskels, durch die die latente Endocarditis manifest werde.

Auch Přibram spricht sich ähnlich, allerdings in weniger entschiedenem Sinne, aus. Nach meinen Beobachtungen kann ich den Rombergschen Ausführungen, die für unseren speziellen Fall jedenfalls noch viel zu wenig gewürdigt werden, nur mit allem Nachdruck beitreten.

In der folgenden Übersicht (s. Tabelle VIII) sind die Herzkomplikationen so aufgeführt, wie ich sie den Krankenblättern entnommen habe.

Über die ausgebildeten Klappenfehler ist wenig zu sagen, dagegen finden sich unter Endocarditis eine ganze Anzahl von in der Ausbildung begriffenen Klappenfehlern; dann aber gehören in diese Rubrik nicht wenige von den Fällen, in denen es, um mit Romberg zu sprechen, schwer ist, eine Entscheidung zu treffen, ob sie mehr Erkrankungen des Myocards oder des Endocards sind. In einer großen Zahl dürfte es sich um die Resultante aus beiden, eine gewisse Insufficienz des Herzens handeln.

Die sogenannten nervösen Störungen der Herztätigkeit sind wohl samt und sonders den Myocarderkrankungen zuzuzählen, die ja — wiederum

[1] *Jahresberichte der inneren Abteilung des Marinelazaretts Kiel.*

[2] Romberg, Krankheiten der Kreislaufsorgane. *Handbuch der prakt. Medizin* von Ebstein und Schwalbe. 1901. Bd. I. S. 968 ff.



Tabelle VIII.

	Endo-carditis	Mitral-insuffi-cienz	Mitral-stenose	Aorten-insuffi-cienz	Peri-carditis	Myo-carditis	Nervöse Störung der Herz-tätigkeit	Summe	Bemerkungen
1900/01	16 + +	9	—	—	2 +	2	1	30	+ = 1 mal gleichzeitig Endocarditis. + + = 1 „ „ Myocarditis.
1901/02	89	17	1 + +	2	7 + + +	3	10	129	+ + = 1 „ Mitralinsufficienz. + + + = 6 „ Endocarditis.
1902/03	35	13	—	1 +	3 + +	4	6	62	+ = 1 „ Mitralinsufficienz. + + = 2 „ gleichzeitig Mitralinsufficienz.
1903/04	35	6	—	1 +	6 + +	—	2	50	+ = 1 „ Aortenstenose. + + = 1 „ Endocarditis.
1904/05	35	3	1	2	9 +	3	2	55	+ = 4 „ gleichzeitig Endocarditis.
1905/06	15	3 + +	—	1 + + +	4 +	12	—	35	+ = 1 „ gleichzeitig Myocarditis. + + = 1 „ „ Pericarditis. + + + = 1 „ „ „
1906/07	8	—	—	—	2	3	—	13	
	233	51	2	7	33	27	21	374	

folge ich Romberg — auch wenn sie sehr milde aufgetreten oder latent verlaufen sind, das Herz oft für längere Zeit in einem wenig widerstandsfähigen Zustand hinterlassen.

Rechne ich zu der Zahl der Endocarditis meiner Tabelle die ausgebildeten Klappenfehler und die, in denen sich zu Pericarditis eine Endocarditis zugesellte, und zähle die nervösen Störungen mit zu den Herzmuskelerkrankungen, so ergeben sich

für das Endocard i. ganz. 233 + 51 + 2 + 7 + 16 = 309 Fälle = 51·07 Proz.
„ „ Myocard „ „ 27 + 21 + 2 = 50 „ = 8·02 „
„ „ Pericard „ „ 33 + 2 = 35 „ = 5·78 „

Über das Verhältnis der Erkrankungen beim seemännischen und nichtseemännischen Personal gibt die nächste Tabelle Auskunft.

Tabelle IX.

	Seemännisches Personal	Maschinen- u. technisches Personal	Seesoldaten, Matrosen-artilleristen u. Infanteristen	Offiziere, Offiziers-aspiranten	Summe
1900/01	38	34	12	3	87
1901/02	99	55	25	3	182
1902/03	50	33	16	1	100
1903/04	37	26	7		70
1904/05	45	47	7		99
1905/06	34	5	7		46
1906/07	11	6	4		21
	314	206	78	7	605

Sie zeigt, daß beim ersteren die Zugangsziffer größer ist, als bei den übrigen Kategorien zusammengenommen. Es, den Unbilden der Witte-

Tabelle X.

	Zugänge an Gelenk-rheumatismus	hiervon Rekruten	
		absolut	in Prozenten
1900/01	87	12	13·79
1901/02	182	31	17·58
1902/03	100	18	18·00
1903/04	70	11	15·71
1904/05	99	25	25·25
1905/06	46	4	8·69
1906/07	21	12	57·14
	605	113	18·67



rung am meisten ausgesetzt, antwortet auch mit der entsprechenden Krankenzahl. Merkwürdigerweise sind die Rekruten, bei denen man eine erhöhte Empfindlichkeit voraussetzen sollte, noch nicht einmal mit einem Fünftel des Gesamtzugangs beteiligt, wie die vorstehende Tabelle X ersichtlich macht.

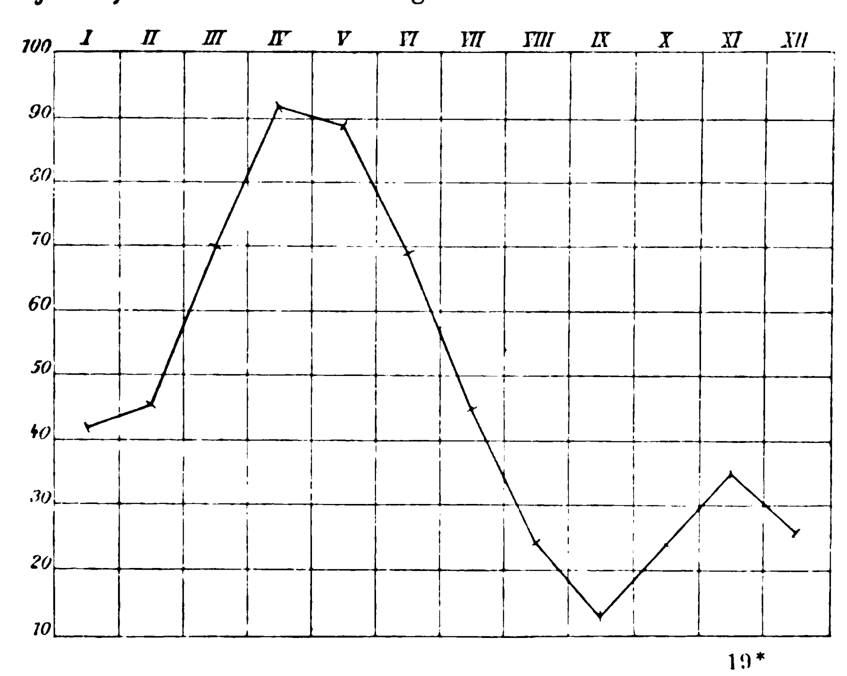
Die Abhängigkeit des Gelenkrheumatismus von der Jahreszeit, die in den einzelnen Jahren nicht immer deutlich ausgesprochen ist, wird dies sofort, sowie man die Zugänge einer Jahresreihe addiert.

Tabelle XI.

Monatsweiser Zugang.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1900/01	4	5	16	10	13	12	7	5	6	2	3	4	87
1901/02	6	11	19	37	38	25	23	7	2	6	2	2	178
1902/03	10	10	10	13	10	14	5	4	—	2	15	6	99
1903/04	6	4	8	14	12	5	5	1	2	4	2	4	67
1904/05	9	12	14	11	10	9	4	4	2	5	10	8	98
1905/06	7	4	3	7	6	4	1	3	1	5	3	2	46
1906/07	4	1	4	3	3	—	—	—	—	1	2	2	20
	46	47	74	95	92	69	45	24	13	25	37	28	595
	(42	46	70	92	89	69	45	24	13	24	35	26)	

Unter Weglassung der Zugänge des letzten, noch nicht vollendeten Berichtsjahres, kann ich danach folgende Kurve ziehen:





Sie steigt an der Wende zum Frühjahr steil an, erreicht im April ihren Gipfel und fällt von Mai an stärker ab, um im September ihren niedrigsten Stand zu erreichen.

Nach diesen etwas abseits liegenden Bemerkungen komme ich wieder auf unser Hauptthema zurück. Wir haben gesehen, wie die Herzerkrankungen beim Gelenkrheumatismus über den Rahmen einer Komplikation hinauswachsen, wie sie als integrierender Bestandteil[1] zum Krankheitsbild gehören. Noch haben wir aber einer außerordentlich wichtigen Krankheitsäußerung nicht gedacht, die in vielen Fällen die Szene eröffnet: das ist die Mandelentzündung.

Nachdem Bouillaud[2] als der erste den Zusammenhang zwischen Mandelentzündung und Gelenkrheumatismus erwähnt hatte, war es Trousseau mit seinen Schülern, die ausdrücklich darauf hinwiesen. Aber es dauerte doch geraume Zeit, bis dieser Frage mehr Aufmerksamkeit geschenkt wurde, und dann waren es namentlich französische und englische Ärzte, die sich ihr zuwandten. Erst in neuerer Zeit hat man sich auch bei uns mit ihr mehr beschäftigt[3], ohne daß sie für die Praxis bereits hinreichend Allgemeingut geworden wäre.

Dies ist auch verständlich, wenn man die außerordentlich auseinandergehenden Angaben liest, die über das Zusammentreffen von Mandelentzündung und Gelenkrheumatismus Aufschluß geben sollen. Den Angaben amerikanischer und englischer Ärzte, die bis 80 Prozent gefunden haben, steht als die niedrigste aus neuerer Zeit die von Příbram gegenüber, der nur 1·7 Prozent beobachtet hat. Zugegeben, daß örtliche Verschiedenheiten auch eine große Rolle dabei spielen, so glaube ich doch, daß sie weniger groß ausfallen würden, wenn man erst allgemein mehr auf die Mandelentzündung und zwar auf die leichten Formen achten würde, als es bisher geschehen ist. Auch bei schwereren Formen sind nicht immer Klagen vorhanden, es können überhaupt die Erscheinungen an den Mandeln gering und mehr eine diffuse Erkrankung der Rachenschleimhaut vorhanden sein. Seit ich in jedem einzelnen Falle die

[1] Bäumler, S. 44.

[2] Mosse, Über Angina als Infektionskrankheit. *Deutsche Klinik am Eingange des XX. Jahrhunderts.* Bd. II.

[3] Buss, Über die Beziehungen zwischen Angina und akutem Gelenkrheumatismus. *Deutsches Archiv f. klin. Medizin.* 1895. Bd. LIV. — Menzer, *Die Ätiologie des akuten Gelenkrheumatismus.* Berlin 1902. — Singer, *Ätiologie u. Klinik des akuten Gelenkrheumatismus.* Wien 1898. — Gürich, Über die Beziehungen zwischen Mandelentzündungen und dem akuten Gelenkrheumatismus. *Münchener med. Wochenschrift.* 1904. Nr. 47.

Rachenorgane einer genauen Besichtigung unterziehe, ist auch die Prozentzahl der Mandelentzündungen beträchtlich in die Höhe gegangen. Vordem haben wir wohl die Kranken auf voraufgegangene Mandelentzündungen befragt, aber doch in verneinendem Fall nicht auch jedesmal die Rachenorgane untersucht. Diese beiden Etappen kommen deutlich in den Zahlen, die den selbstbeobachteten Fällen der beiden letzten Jahre zugrunde liegen, zum Ausdruck: 1905/1906 im Ansteigen von 25·25 auf 34·78 Prozent und 1906/1907 auf 57·14 Prozent, also auf über das Doppelte.

Tabelle XII.

	Zugänge an Gelenkrheumatismus	Voraus ging Angina		Nach Angina traten Herzkomplikationen auf	
		absolut	in Prozenten	absolut	in Prozenten
1900/01	87	17	19·54	7	41·18
1901/02	182	31	17·58	24	77·42
1902/03	100	29	29·00	16	55·17
1903/04	70	15	21·44	13	86·67
1904/05	99	25	25·25	15	60·00
1905/06	46	16	34·78	10	62·5
1906/07	21	12	57·14	8	66·67
	605	145	23·97	93	64·14

Die Engländer waren die ersten, die weiter gingen und aussprachen, daß man in der Halsaffektion bereits die erste Äußerung des Gelenkrheumatismus zu sehen habe. Neuerdings mehren sich auch bei uns die Stimmen derer, die für diese Anschauung eintreten. In der Tat fällt es auch schwer, nicht an diesen Zusammenhang zu glauben, wenn man auf die Mandelentzündung unmittelbar den Gelenkrheumatismus folgen, oder wenn man auf ein Rezidiv von ihr prompt auch einen Nachschub der Gelenkerscheinungen auftreten sieht.

1. Schiffsjunge M., 16 Jahre. Erkrankt am 16. V. 03 an Bord mit leichter Mandelentzündung und wurde ambulant behandelt. Am 17. traten Gelenkerscheinungen auf, am 18. VII. wurde er mit vollausgebildetem Gelenkrheumatismus dem Landlazarett überwiesen. Halseingang noch gerötet, auf der rechten Mandel kleine Blutaustritte, Herzbefund immer regelrecht. Am 15. VI. dienstfähig entlassen. Am 25. VI. kommt er mit einem Rückfall zum zweiten Male ins Lazarett. Am 9. VII. Auftreten von Herzerscheinungen. Am 11. VIII. hat sich eine Mitralinsufficienz ausgebildet. Dienstunbrauchbar entlassen.

2. Oberbootsmannsmaat L., 30 Jahre. Vom 7. VII. wegen chronischen Nasenrachenkatarrhs in Lazarettbehandlung. Am 21. VIII. Einsetzen eines unter mäßigem Fieber einhergehenden ziemlich hartnäckigen Gelenkrheumatismus. Am 21. XI. 02 dienstfähig.



3. Torpedoheizer Sch., 22 Jahre. Weiß sich keiner Krankheit zu erinnern. War wegen Mandelentzündung vom 25. bis 28. II. 05 im Revier behandelt worden. Am 9. III. Einsetzen eines akuten Gelenkrheumatismus, wegen dessen er vom 10. III. bis 18. IV. 05 im Lazarett behandelt wurde. 5 Tage nach seiner Entlassung tritt eine erneute Mandelentzündung auf, die zwar am 28. wieder abgelaufen ist, der aber noch am nämlichen Tage auch der Rückfall des Gelenkrheumatismus auf dem Fuße folgt.

Ich beschränke mich auf diese wenigen Beispiele (siehe auch die auf S. 286 und 287 angeführten Fälle), die ich beliebig vermehren könnte.

Man sieht, daß die Mandelentzündung nicht immer den Reigen eröffnet, daß sie gelegentlich erst auftritt, wenn die Gelenkerscheinungen längst da sind; man sieht, daß außerordentlich prompt der jedesmaligen Mandelentzündung der Rheumatismus selbst (Fall 3), oder eine Verschlimmerung der bereits vorhandenen Gelenkerscheinungen folgt; man sieht, daß der Rheumatismus sich ebensogut an einen mehr diffusen Nasenrachenkatarrh anschließen kann (Fall 2), und daß die Schwere der Anfangserkrankung mit dem schließlichen Ausgang nichts zu tun hat (Fall 1).

Nun ist die Mandelentzündung eine unserer häufigsten Erkrankungen überhaupt. Längst hat sie sich auf unseren Schiffen eingenistet, wie sie auch unsere Kasernen bewohnt und unsere Lazarettsäle heimsucht. Außerordentlich wechselnd in ihrem Verlauf, bald ganz leicht auftretend und kaum Beschwerden verursachend, manchmal wohl überhaupt unbemerkt, bald mit Schüttelfrost unter hohem Fieber, sowie starken lokalen und Allgemeinerscheinungen einhergehend, läßt sie für die letzteren Formen wenigstens keinen Zweifel, daß man sie als echte Infektionskrankheit zu betrachten hat, auch ohne daß eine auftretende Endocarditis oder Nephritis uns dies vor Augen führt.

Wenn die Hauptmasse aller Mandelentzündungen anscheinend leicht verläuft, wenn in ein paar Tagen scheinbar alles abgetan ist, so ist das wohl auch der Grund, daß man ihr bei uns bisher so wenig Beachtung geschenkt hat. Über die Gesamtzugangsziffern von Mandelentzündung und Gelenkrheumatismus in der Marine für die $9^1/_2$ Jahre vom 1. April 1895 bis 1. Oktober 1904 gibt die nachstehende Tabelle XIII Auskunft.

Das Verhältnis der Erkrankungen an Gelenkrheumatismus zu den an Mandelentzündung verhält sich also annähernd wie 1 : 4 und ist für diesen ganzen Zeitraum, was doch sehr bemerkenswert ist, mit einer Ausnahme ungefähr gleich geblieben. Und wie ich oben gezeigt habe, habe ich neuerdings die Mandelentzündung bei über der Hälfte meiner Fälle gefunden. Beide Tatsachen nebeneinander gehalten, zwingen einem doch, mag man wollen oder nicht, den Gedanken auf, daß beide, die Mandel-

Tabelle XIII.

	Mandelentzündung		Gelenkrheumatismus		Prozentverhältnis von Mandelentzündung zu Gelenkrheumatismus
	absolut	in Promille des Gesamtbestandes	absolut	in Promille des Gesamtbestandes	
1895/96	1 420	66·1	328	15·3	23·1
1896/97	1 320	60·9	308	14·2	23·3
1897/98	1 171	51·6	292	12·9	24·9
1898/99	1 364	51·9	294	11·2	21·5
1899/00	1 457	52·6	302	10·9	20·7
1900/01 1.IV.–1.IV.	1 669	52·2	390	12·2	23·3
1900/01 1.IV.–1.X.	492	—	215	—	43·6
1901/02	1 503	44·6	420	12·4	27·9
1902/03	1 385	38·5	326	9·1	23·5
1903/04	1 172	31·0	278	7·4	23·7
	12 953	—	3153	—	24·3

entzündung, wenigstens gewisse Formen, und der Gelenkrheumatismus ätiologisch zusammengehören und nur verschiedene Äußerungen ein und derselben infektiösen Schädlichkeit sind.

Die desinfizierenden Bestandteile der Seifen.

Von

Prof. **H. Reichenbach.**

Die desinfizierende Kraft der Seifen ist, seitdem sie zuerst durch R. Koch[1] festgestellt wurde, der Gegenstand sehr zahlreicher Untersuchungen gewesen. Offenbar hat die Hoffnung, die beiden in der Praxis so häufig miteinander verbundenen und doch grundverschiedenen Aufgaben — Reinigung und Desinfektion — durch dasselbe Mittel bewirken zu können, die Frage, ob den Seifen eine für praktische Verhältnisse genügende desinfektorische Wirkung zukommt, immer wieder in Angriff nehmen lassen.

Eine volle Aufklärung über den desinfizierenden Wert ist aber trotz aller Bemühungen bislang nicht erzielt. Nicht einmal über die Größe der Desinfektionswirkung, und noch weniger über das Wesen derselben, über die eigentlich wirksamen Bestandteile und den Grund der außerordentlich großen Abweichungen in den Resultaten der einzelnen Untersucher, hat sich auch nur annähernd eine Einigung erreichen lassen.

Wenn man daran denken wollte, die Seifen als Desinfektionsmittel für praktische Zwecke zu benutzen, so müßten wir vor allen Dingen in der Lage sein, ein Präparat zu verwenden, dessen desinfizierende Wirkung wir mit aller Sicherheit kennen. Die verderblichste Eigenschaft eines Desinfektionsmittels ist die Unzuverlässigkeit, — ein zeitweiliges Versagen ohne bestimmte erkennbare Gründe. Ein schwach desinfizierendes Mittel, auf dessen geringe Leistung man sich aber sicher verlassen kann, ist wertvoller als ein anderes, dessen zurzeit kräftige Wirkung plötzlich einmal ohne erkennbaren Grund ausbleibt. Ein solches Mittel ist geeignet, uns

---

[1] R. Koch, Über Desinfektion. *Mitteilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte.* 1881. Bd. I. S. 271.



in trügerische Sicherheit zu wiegen und deshalb bei seiner Anwendung unberechenbaren Schaden zu stiften.

Nach den bisherigen Untersuchungen scheinen nun gerade die Seifen in diese letzte Kategorie zu gehören. Während die einen Autoren ihnen einen beträchtlichen Desinfektionswert zuschreiben, sprechen ihnen die anderen jede Wirkung ab — nach Kuisl[1] soll sogar eine 5prozentige Seifenlösung einen guten Nährboden für Cholerabazillen abgeben. Diese Widersprüche sind als regelmäßige Einleitung zu jeder Arbeit, die sich mit der Seifenfrage beschäftigt, so oft im einzelnen festgestellt, daß ich auf eine genaue Aufzählung hier verzichten kann. Eine gute Zusammenstellung der bisherigen Literatur findet sich bei Reithoffer[2] und bei Maaz.[3] Die Widersprüche zwischen den einzelnen Angaben sind so groß, daß sie nicht durch Abweichungen in der Methodik oder durch Verschiedenheit in der Widerstandsfähigkeit der benutzten Testobjekte zu erklären sind — sie müssen unbedingt in der Beschaffenheit der Seifen selbst liegen, zumal auch eine Reihe von Untersuchern mit derselben Methodik große Unterschiede in der Wirksamkeit der einzelnen Seifensorten gefunden hat. Die Frage der Bedeutung der Seifen für die Desinfektionspraxis wird sich deshalb nicht einfach dadurch entscheiden lassen, daß man eine Anzahl willkürlich ausgewählter Seifen auf ihren Desinfektionswert untersucht: man wird auf diese Weise gewissermaßen nur die Kasuistik bereichern und die in der Literatur vorhandenen Widersprüche vermehren. Vielmehr muß unbedingt erst die Vorfrage erledigt werden, auf welchen Bestandteilen die bei vielen Seifen beobachtete, nicht unbeträchtliche Desinfektionswirkung beruht: dann haben wir die Hoffnung, eine Seife von möglichst großem und vor allen Dingen von konstantem Desinfektionswert herzustellen, und die Untersuchung dieser Seife kann erst über den praktischen Wert entscheiden.

Von diesem Standpunkte muß es als ein durchaus rationelles Vorgehen bezeichnet werden, wenn einzelne Autoren, z. B. Serafini[4], Reithoffer, die von ihnen benutzten Seifen möglichst genau analysiert und dann versucht haben, Beziehungen zwischen der chemischen Zusammen-

[1] Kuisl, Beiträge zur Kenntnis der Bakterien im normalen Darmtraktus. *Inaug.-Diss.* München 1885.

[2] Reithoffer, Über die Seifen als Desinfektionsmittel. *Archiv f. Hygiene.* 1896. Bd. XXVII. S. 350.

[3] Paul Maaz, Betrachtungen über den desinfizierenden Wert der heutigen Waschmethoden, mit spezieller Berücksichtigung der Wollwäsche. *Inaug.-Diss.* Erlangen 1898.

[4] Serafini, Beitrag zum experimentellen Studium der Desinfektionsfähigkeit gewöhnlicher Waschseifen. *Archiv für Hygiene.* 1898. Bd. XXXIII. S. 369.



setzung und der desinfizierenden Kraft aufzufinden. Abschließende Ergebnisse sind allerdings auch mit diesen Untersuchungen nicht erzielt worden, da die betreffenden Autoren zufällig leider keine unwirksame Seife unter den von ihnen untersuchten angetroffen haben.

In der folgenden Arbeit ist der Versuch gemacht, der Lösung der Frage auf einem anderen Wege näher zu kommen. Ich bin nicht, wie die bisherigen Untersucher von den fertigen, im Handel befindlichen Seifen ausgegangen, sondern habe zunächst die einzelnen Seifenbestandteile in reinem Zustande für sich auf ihren Desinfektionswert geprüft.

Es können 3 Gruppen von Bestandteilen in Betracht kommen

1. Die fettsauren Salze.
2. Das überschüssige Alkali.
3. Zusätze.

I. Die fettsauren Salze.

Bekanntlich werden die Salze der höheren Fettsäuren und speziell die Kali- und Natronsalze als Seifen bezeichnet. Die niedrigste Fettsäure, deren Alkalisalze noch deutlich seifenartigen Charakter trägt, ist nach Stiepel[1] die Caprylsäure. Praktisch kommen besonders in Betracht von gesättigten Säuren:

Stearin-, Palmitin-, Laurinsäure, in geringer Menge Myristin-, Caprin-, Nonyl- und Capryl- und Capronsäure. Von ungesättigten Säuren finden sich in den praktisch benutzten Seifen: Ölsäure, Erucasäure, Linolsäure, Linolensäure und Isolinolensäure.

Es sollte zunächst untersucht werden, wie sich die Kalisalze dieser Säuren in bezug auf ihre Desinfektionswirkung verhalten.

Einige Schwierigkeit machte die Beschaffung wirklich reiner Präparate. Besonders mußte Wert auf eine genaue Neutralisation gelegt werden, da sich vermuten ließ, daß ein auch geringer Überschuß an Säure oder Alkali Veränderungen in der Desinfektionswirkung herbeiführen könnte. Die im Handel erhältlichen Präparate erwiesen sich in dieser Beziehung sämtlich als nicht genügend, und auch einige Proben, die mir von Herrn Dr. Stiepel freundlichst zur Verfügung gestellt wurden, waren nicht ganz frei von einem geringen Säureüberschuß. Ich habe deshalb abgesehen von einigen Vorversuchen, die nötigen Salze selbst dargestellt. Nach verschiedenen Versuchen bin ich zu folgendem Verfahren gekommen. Die Fettsäuren, von denen die meisten in genügender Reinheit im Handel

[1] C. Stiepel, Sind Seifenwirkung und Alkaliabspaltung unzertrennliche Begriffe? *Der Seifenfabrikant.* 1901. Nr. 47.



zu haben sind, und, soweit es möglich war, durch Bestimmung des Schmelzpunktes kontrolliert waren, wurden in absolutem Alkohol gelöst, die Lösung zum Sieden erhitzt, mit einer Spur Phenolphtalein versetzt und mit alkoholischer Kalilauge zur schwach alkalischen Reaktion gebracht. Dann wird wieder eine kleine Menge Säure bis zum Verschwinden der Rotfärbung hinzugesetzt, noch eine Zeitlang erhitzt, wobei sich die Flüssigkeit nicht wieder rot färben darf und dann im Vakuumexsikkator über Ätzkali erkalten gelassen. Auch hierbei darf keine Rotfärbung eintreten.

Den ausgeschiedenen Kristallbrei bringt man auf ein gehärtetes Filter, saugt mit der Luftpumpe die Flüssigkeit möglichst vollständig ab und wäscht einigemal mit Äther — bei den in Äther löslichen Salzen der ungesättigten Säuren besser mit Petroläther — aus, wodurch etwaige überschüssige Spuren von Fettsäure und Phenolphtalein entfernt werden. Man erhält auf diese Weise Präparate, die vollständig neutral sind und auch nicht, wie die meisten Handelspräparate Bikarbonat enthalten. Die fertigen Salze dürfen in Alkohol gelöst, mit Phenolphtalein auch beim Erhitzen keine Rotfärbung geben — und müssen anderseits, beim Zusatz eines Tropfen $^1/_{10}$ Normallauge, sofort und dauernd rot werden.

Für die Untersuchungen sind nur Präparate verwandt, die diesen Anforderungen entsprachen.

Mit den auf diese Weise erhaltenen Salzen habe ich eine Reihe von Desinfektionsversuchen angestellt. Da es mir zunächst weniger darauf ankam, absolute, die praktische Verwendbarkeit der Seifen charakterisierende Werte zu erhalten, als darauf Vergleichszahlen zwischen den einzelnen Präparaten zu gewinnen, habe ich mich, mit Ausnahme einiger Vorversuche, nur eines Testobjektes und zwar des Bact. coli, bedient. Auch bei der Auswahl der Methodik mußte vor allen Dingen die Vergleichbarkeit der Resultate in Betracht kommen, während auch hier die Gewinnung absoluter, auf die Verhältnisse der Praxis bezüglicher Zahlen zunächst weniger von Interesse war.

Ich habe mich deshalb folgenden Verfahrens bedient:

Eine 24stündige Agarkultur von Bact. coli wurde in etwa 2^{ccm} Wasser aufgeschwemmt und durch ein gewöhnliches Filter filtriert. Von dieser Aufschwemmung wurden drei Tropfen zu 10^{ccm} der zu untersuchenden Seifenlösung hinzugesetzt, und gut durchmischt. Nach 5, 10, 20, 40, 60 und 120 Minuten wurde je eine große Platinöse der Mischung in ein Röhrchen mit verflüssigter Gelatine gebracht. Nach gründlicher Durchmischung wurde das Röhrchen in schräger Lage erstarren lassen und nach 5 Tagen die gewachsenen Kolonien gezählt.



Ich habe folgende Stufen des Wachstums registriert:

reichlich (wenig oder kein Unterschied gegen die Kontrolle),
vermindert,
deutlich vermindert,
stark vermindert (die oberflächlichen Kolonien sind deutlich von den in der Tiefe liegenden verschieden).
Sehr stark vermindert (an der Grenze der Zählbarkeit [ca. bis 3000]).

Von da an lassen sich die Kolonien zunächst schätzungsweise, dann, bei fortschreitender Verminderung etwa von 100 an, genau zählen.

Mit diesem Verfahren wurden nun eine Reihe fettsaurer Salze, und zwar die Kalisalze folgender Säuren untersucht: von den gesättigten Säuren:

Capronsäure, Laurinsäure,
Caprylsäure, Myristinsäure,
Nonylsäure, Palmitinsäure,
Caprinsäure, Stearinsäure,

von ungesättigten Säuren:

Ölsäure, Elaidinsäure,
Erucasäure, Linolsäure.

Die Salze der ungesättigten Säuren trugen sämtlich, die der gesättigten bis hinunter zum Caprinat ausgesprochenen Seifencharakter. Beim Nonylat war dieses schon weniger der Fall: Schaumbildung und reinigende Wirkung waren hier erheblich schwächer. Noch mehr traten diese Eigenschaften zurück beim Caprylat und waren beim Capronat nur noch spurweise vorhanden.

Um einen sicheren Vergleich der Desinfektionskraft der verschiedenen Salze zu ermöglichen, wurden äquimolekulare Lösungen verwandt. Die angewandte Konzentration bewegte sich zwischen $^1/_{25}$ und $^1/_{80}$ normal.

Tabelle I. $^1/_{10}$ normale Lösungen.

Minuten	Stearat	Palmitat	Myristat	Laurinat	Caprinat	Nonylat	Caprylat	Capronat	Karbolsäure 1 Prozent
5	50	0	200	stark verm.	stark verm.	stark verm.	reichlich	reichlich	stark v.
10	6	0	1	8	13	11	„	„	15
20	2	0	0	0	0	6	vermindert	„	0
40	1	0	0	0	0	3	„	„	0
60	0	0	0	0	0	1	deutl. verm.	„	0
120	0	0	0	0	0	0	stark verm.	nicht verm.	0



Tabelle II. $^1/_{20}$ normale Lösungen.

Minuten	Stearat	Palmitat	Myristat	Laurinat	Caprinat	Nonylat	Karbolsäure 1 Proz.
5	24	0	52	stark verm.	stark verm.	reichlich	stark vermindert
10	3	0	0	„	„	„	sehr stark verm.
20	0	0	0	ca. 2000	„	„	ca. 150
40	0	0	0	„ 600	ca. 1000	„	0
60	0	0	0	58	„ 250	vermindert	0
120	0	0	0	4	70	stark verm.	0

Tabelle III. $^1/_{40}$ normale Lösungen.

Minuten	Stearat	Palmitat	Myristat	Laurinat	Caprinat	Nonylat	Karbolsäure 1 Prozent
5	4	0	sehr stark verm.	reichlich	vermindert	reichlich	reichlich
10	0	0	18	vermindert	stark verm.	„	stark verm.
20	0	0	0	stark verm.	sehr stark verm.	„	ca. 1500
40	0	0	0	sehr stark verm.	ca. 250	„	0
60	0	0	0	„	65	„	0
120	0	0	0	300	34	„	0

In Tabelle I—III sind zunächst die mit den Salzen der gesättigten Säuren erhaltenen Resultate zusammengestellt. Wie man sieht, hat das Palmitat in allen geprüften Verdünnungen eine sehr respektable Desinfektionskraft entwickelt: die $^1/_{40}$ normale Lösung (= 0·72 Prozent) tötet unter den von mir angewandten Versuchsbedingungen Bact. coli in weniger als 5 Minuten ab, was durch eine 1 prozentige Karbolsäure noch nicht in 20 Minuten erreicht war. Etwas schwächer wirkt das Stearat: merkwürdig ist, daß die Wirkung mit steigender Verdünnung etwas zuzunehmen scheint. Ebenso hat die Myristinsäure in $^1/_{20}$ normaler Lösung ein wenig stärker gewirkt, als in der doppelten Konzentration.

Im übrigen aber ist die regelmäßige Abnahme der Wirkung mit der Verdünnung deutlich erkennbar.

Es geht ferner aus den Tabellen hervor, daß mit Ausnahme des Stearats die Desinfektionswirkung mit der Molekülgröße der Säuren abnimmt. Zunächst bis zum Caprinat langsam, dann sehr rasch: das Capronat hat auch in $^1/_{10}$ normaler Lösung keine nennenswerte Wirkung mehr gezeigt.

Um nun das Verhalten der einzelnen Salze zueinander und besonders die Wirkung der Verdünnung noch eingehender zu studieren, wurden in den weiteren Versuchen die verschiedenen Konzentrationen direkt mit-



einander verglichen. Siehe Tabelle IV—IX. In diesen sämtlichen Versuchen zeigte sich eine deutliche Abnahme der Wirkung mit der Konzentration. Die in den Versuchen 1—3 zutage tretenden Ausnahmen sind deshalb wohl auf kleine Änderungen in den Versuchsbedingungen zurückzuführen.

Tabelle IV.

Min.	Stearat 1/20	Stearat 1/40	Stearat 1/80	Palmitat 1/20	Palmitat 1/40	Palmitat 1/80
5	ca. 100	ca. 300	deutl. verm.	0	2	deutl. verm.
10	0	24	stark verm.	0	0	stark verm.
20	2	0	„ „	0	0	ca. 600
40	3	0	ca. 1200	0	0	70
60	0	0	„ 600	0	0	12
120	0	0	24	0	0	0

Tabelle V.

Min.	Palmitat 1/10	Myristat 1/5	Myristat 1/10	Myristat 1/20	Laurinat 1/5	Laurinat 1/10	Laurinat 1/20
5	0	31	ca. 400	deutl. verm.	0	ca. 800	reichlich
10	0	0	1	11	0	27	deutl. verm.
20	0	0	0	0	0	4	„ „
40	0	0	0	0	0	1	stark verm.
60	0	0	0	0	0	0	ca. 600
120	0	0	0	0	0	0	50

Tabelle VI.

Minuten	Myristat 1/5	Myristat 1/10	Myristat 1/20	Myristat 1/40	Laurinat 1/5	Laurinat 1/10	Laurinat 1/20	Laurinat 1/40	Karbolsäure 1 Prozent
5	8	ca. 200	sehr st. verm.	vermind.	0	ca. 300	vermindert	reichlich	reichlich
10	0	0	4	70	0	8	stark verm.	„	vermindert
20	0	0	0	0	0	0	sehr st. verm.	„	stark verm.
40	0	0	0	0	0	0	ca. 200	„	ca. 600
60	0	0	0	0	0	0	52	vermind.	1
120	0	0	0	0	0	0	1	„	0

Tabelle VII.

Minuten	Laurinat			Caprinat			Nonylat			Karbolsäure
	1/5	1/10	1/20	1/5	1/10	1/20	1/5	1/10	1/20	1 Proz.
5	0	ca. 150	reichlich	0	s. stark verm.	reichl.	0	reichlich	reichl.	reichlich
10	0	3	deutl. verm.	0	„	„	0	stark verm.	„	„
20	0	0	s. stark verm.	0	ca. 3000	„	0	ca. 3000	„	stark verm.
40	0	0	100	0	1000	„	0	ca. 1000	„	ca. 300
60	0	0	9	0	—	„	0	—	„	0
120	0	0	1	0	150	verm.	0	100	verm.	0

Tabelle VIII.

Minuten	Caprinat				Nonylat				Karbolsäure
	1/5	1/10	1/20	1/40	1/5	1/10	1/20	1/40	1 Proz.
5	0	sehr stark vermind.	reichlich	reichlich	0	ca. 500	reichlich	reichlich	reichlich
10	0	32	stark v.	„	0	„ 120	„	„	vermindert
20	0	0	s. stark v.	deutl. v.	0	„ 80	„	„	stark verm.
40	0	0	ca. 1000	stark v.	0	25	vermindert	vermindert	8
60	0	0	„ 200	s. stark v.	0	16	deutl. verm.	deutl. verm.	1
120	0	0	50	„	0	0	stark verm.	stark verm.	0

Tabelle IX.

Min.	Caprylat			Capronat			Karbolsäure
	1/2·5	1/5	1/10	1/2·5	1/5	1/10	1 Proz.
5	0	0	reichlich	reichlich	reichlich	reichlich	reichlich
10	0	0	„	„	„	„	„
20	0	0	„	„	„	„	vermindert
40	0	0	„	„	„	„	deutl. verm.
60	0	0	kaum verm.	„	„	„	stark verm.
120	0	0	deutl. verm.	„	„	„	4

Auch das Schwächerwerden der Wirkung mit der Abnahme der Molekulargröße geht im allgemeinen aus diesen Tabellen sehr deutlich hervor. Nur das Stearat machte auch hier wieder regelmäßig eine Ausnahme, indem es in allen Konzentrationen an Wirksamkeit hinter dem Palmitat zurückblieb. Auch beim Myristat zeigte sich an einer Stelle eine Ausnahme: in $^1/_5$ normaler Lösung wirkte es etwas schwächer als das Laurinat, ein Verhalten, das auch bei Wiederholung des Versuches (s. Tabelle V und VI) sich nicht änderte. In schwächeren Konzentrationen blieb aber das Laurinat erheblich hinter dem Myristat zurück.

Auf diese Einzelheiten der Tabellen werden wir später noch zurückkommen müssen: es soll hier nur hervorgehoben werden, daß nach diesen Versuchen zweifellos die Kalisalze der gesättigten Fettsäuren, soweit sie in nennenswerten Mengen in den gebräuchlichen Seifen vorkommen, eine beträchtliche Desinfektionswirkung besitzen.

Ein ganz anderes Bild ergab sich nun, als die Salze der ungesättigten Säuren untersucht wurden (s. Tabelle X und XI). Da sich schon bei Vorversuchen gezeigt hatte, daß hier die Wirkung viel schwächer war, wurden von vornherein höhere Konzentrationen angewandt.



Tabelle X.

Minuten	Ölsaures Kalium			Erukasaures Kalium			Karbolsäure
	$^1/_{2\cdot5}$	$^1/_5$	$^1/_{10}$	$^1/_{2\cdot5}$	$^1/_5$	$^1/_{10}$	1 Proz.
5	reichlich	reichlich	reichlich	stark verm.	reichlich	reichlich	vermind.
10	"	"	"	s. stark v.	vermindert	"	stark v.
20	vermind.	vermind.	"	ca. 900	"	vermind.	ca. 120
40	s. stark v.	deutl. verm.	"	40	deutl. verm.	"	1
60	ca. 100	stark verm.	vermind.	1	stark verm.	"	0
120	0	38	deutl. verm.	0	ca. 1000	stark verm.	0

Tabelle XI.

Minuten	Leinölsaures Kalium			Elaidinsaures Kalium			Karbolsäure
	$^1/_{2\cdot5}$	$^1/_5$	$^1/_{10}$	$^1/_{10}$	$^1/_{20}$	$^1/_{40}$	1 Proz.
5	reichlich	reichlich	reichlich	ca 100	s. stark verm.	stark verm.	s. stark v.
10	vermindert	"	"	0	ca. 1200	s. stark verm.	56
20	s. stark verm.	"	"	0	" 300	ca. 1000	0
40	30	deutl. verm.	"	0	0	" 200	0
60	0	stark verm.	vermind.	0	0	17	0
120	0	ca. 400	deutl. verm	0	0	0	0

Aber auch in $^1/_{2\cdot5}$ normaler Lösung (= 12·8—14 Prozent) genügte eine einstündige Einwirkung noch nicht zu einer vollständigen Abtötung von Bact. coli, und bei $^1/_{10}$ normalen Lösunngen war überhaupt keine nennenswerte Wirkung mehr vorhanden. Das Erukat erwies sich um eine Kleinigkeit wirksamer, als das Salz der Öl- und Linolsäure. Die Salze der ungesättigten Säuren kommen also an und für sich bei der Desinfektionswirkung der Seifen nicht in Betracht.

Auffallend könnte zunächst erscheinen, daß die mit der Ölsäure isomere Elaidinsäure eine wesentlich kräftigere Wirkung zeigte, die an die der Salze der gesättigten Säuren heranreicht. Dieses Verhalten hat aber nur theoretisches, kein praktisches Interesse, da die Elaidinsäure in natürlichen Fetten und deshalb auch in Seifen nicht vorkommt. Auf die theoretische Bedeutung dieser Abweichung werden wir später zurückkommen.

Dieses grundverschiedene Verhalten der beiden Fettsäurereihen würde wahrscheinlich schon einen Teil der in der Literatur vorhandenen Widersprüche erklären, wenn die betreffenden Autoren, soweit sie überhaupt Seifenanalysen ausgeführt haben, nicht nur die **Gesamtmenge** sondern auch die **Art** der vorhandenen Fettsäuren berücksichtigt hätten. Es ist leicht zu begreifen,

daß bei der Schwierigkeit dieser Untersuchungen, das bislang nicht geschehen ist. In der Tat stellen die im Handel befindlichen Seifen, je nach Art der verwendeten Rohmaterialien, in ihrer Zusammensetzung stark schwankende Gemische von gesättigten und ungesättigten fettsauren Salzen dar. Es läßt sich aber weder aus der Handelsbezeichnung noch aus dem Aussehen von vornherein schließen, welche Säure vorherrschend ist. Ganz allgemein kann man sagen, daß die Kaliseifen des Handels (Schmierseifen), da sie aus pflanzlichen Fetten und Tranen hergestellt werden, reichlich ungesättigte Fettsäuren enthalten. Man sollte deshalb von ihnen eine geringe Desinfektionskraft erwarten.

Eine im Handel vorkommende Kaliseife von sicher bekannter Zusammensetzung ist der Sapo calinus der Pharmakopö, der nur aus Leinöl bereitet wird. Da das Leinöl nur 10 bis höchstens 15 Prozent gesättigter Fettsäuren enthält, kann diese Seife also nach unseren Versuchsresultaten keine erhebliche Desinfektionswirkung besitzen. Das ist auch, wie man sich leicht überzeugen kann, tatsächlich der Fall: eine 5prozentige Lösung übt in 2 Stunden auf Bact. coli keine nennenswerte Wirkung aus. In merkwürdigem Gegensatz dazu steht nun die Tatsache, daß man bei den gewöhnlichen Schmierseifen des Handels zum Teil eine recht beträchtliche Desinfektionswirkung findet. Und zwar habe ich, im Gegensatz zu den Vermutungen von Reithoffer, Serafini u. a. durchweg die Erfahrung gemacht, daß die billigsten minderwertigsten Seifen die größte Wirkung besaßen. Entweder müssen also diese Seifen neben den ungesättigten noch beträchtliche Mengen gesättigter Fettsäuren enthalten, oder es müssen für die desinfizierende Wirkung außer den fettsauren Salzen noch andere Bestandteile in Betracht kommen. Es liegt nahe hier zunächst an den Alkaligehalt zu denken.

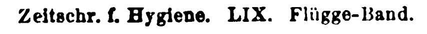
II. Der Gehalt an Alkali.

Die Rolle des Alkaligehaltes ist einer der am meisten umstrittenen Punkte in der ganzen bisherigen Seifenliteratur.

R. Koch[1], dem wir die ersten Mitteilungen über die Desinfektionswirkungen der Seifen verdanken, ist der Ansicht, daß außer dem Alkaligehalt noch andere Körper wirksam sein müßten, da eine Alkalilösung von entsprechendem Gehalt bei weitem nicht die desinfizierende Wirksamkeit der Seifenlösung erreichte. Dagegen ist v. Behring[2] auf Grund

[1] A. a. O.

[2] Behring, Über Desinfektion, Desinfektionsmittel u. Desinfektionsmethoden. *Diese Zeitschrift.* 1890. Bd. IX. S. 395.





der Untersuchung von mehr als 40 verschiedenen Seifen zu dem Resultate gekommen, daß „es nur von dem Alkaligehalt der Seifen abhängt, welchen desinfizierenden Wert dieselben besitzen.“ Spätere Untersucher, besonders Serafini[1], haben sich wieder der Kochschen Auffassung zugeneigt, da sie Seifen von sehr geringem Alkaligehalt und trotzdem kräftiger Desinfektionswirkung beobachteten. Serafini äußert sich direkt dahin, daß „der freie Alkaligehalt gewöhnlich ein derartiger sei, daß er auch in konzentrierten Lösungen keine, wie immer geartete Desinfektionswirkung ausüben kann.“

Bei der Bewertung des Einflusses des freien Alkalis ist nun von vielen Untersuchern ein Umstand nicht genügend in Rechnung gezogen, der mir für die Frage von sehr großer Bedeutung zu sein scheint, das ist die Spaltung, welche die Seifen unter dem Einfluß von Wasser erleiden.

Die in alkoholischer Lösung vollständig neutral reagierenden Alkalisalze der höheren Fettsäuren von der Kaprinsäure ab, zeigen in wäßriger Lösung stark alkalische Reaktion; sie werden hydrolytisch gespalten und zwar wie jetzt allgemein angenommen wird, so, daß saures fettsaures Salz und freies Alkali, bei höheren Temperaturen freie Fettsäure und freies Alkali entsteht. Die ältere Ansicht von Rotondi[2], nach der sich ein saures und ein basisches fettsaures Salz bilden sollte, kann besonders durch die grundlegenden Untersuchungen von Krafft[3] und seinen Schülern als widerlegt gelten.

Wir haben also in jeder wäßrigen Seifenlösung, auch wenn es sich um chemisch reine Salze handelt, eine gewisse Menge freien Alkalihydrates: eine neutrale wäßrige Seifenlösung ist eine Unmöglichkeit. Eine Ausnahme machen nur die praktisch nicht in Betracht kommenden Nonylate, die schon deutlich seifenartigen Charakter tragen, aber noch keine hydrolytische Spaltung erleiden, und sehr konzentrierte Lösungen von Salzen der ungesättigten Fettsäuren.

Neben diesem hydrolytisch abgespaltenen Alkali enthalten nun fast alle im Handel vorkommenden Seifen auch im wasserfreien Zustande noch gewisse Mengen von freiem Alkali, die von der Fabrikation herrühren und wohl am besten als überschüssiges Alkali bezeichnet werden. Es

[1] A. a. O.

[2] Rotondi, *Atti della R. Accadem. delle scienze di Torino.* 1883. Vol. XIX. p. 146. Zit. nach Krafft.

[3] F. Krafft und A. Stern, Über das Verhalten der fettsauren Alkalien und der Seifen in Gegenwart von Wasser. *Bericht d. d. chem. Gesellschaft.* 1894. S. 1747 und 1755. — F. Krafft u. H. Wiglow, *ebenda.* 1895. S. 2566. — H. Wiglow, Beiträge zum Verhalten der fettsauren Alkalien und Seifen in wäßriger Lösung. *Inaug.-Diss.* Heidelberg 1896.



wird zweckmäßig sein, zu diesem überschüssigen Alkali nicht nur das Alkalihydrat, sondern auch das, meistens in weit größeren Mengen vorhandene Karbonat zu rechnen.

Eine quantitative Bestimmung des überschüssigen Alkalis in wäßriger Lösung ist nach dem Vorhergehenden unmöglich, da wir nicht unterscheiden können, ob die alkalische Reaktion von überschüssigem oder von hydrolytisch abgespaltenem Alkali herrührt.

Wohl aber können wir durch Titration in alkoholischer Lösung das freie Alkalihydrat bestimmen, und in dem Rückstand, der die in Alkohol unlöslichen Karbonate enthält, diese letzteren titrieren.

Die Ausführung des Verfahrens habe ich in Anlehnung an die allgemein gebräuchliche Methode so vorgenommen: 5 grm der Seife wurden in einem Erlenmeyerkolben in 100 ccm absolutem Alkohol gelöst und vom ungelösten Rückstand abfiltriert. Der Rückstand aus Filter und Kolben wurde gut mit Alkohol ausgewaschen und in Wasser gelöst. Das Auswaschen des Rückstandes mit Alkohol darf nicht zu lange fortgesetzt werden, weil kleine Mengen von Karbonaten dabei in Lösung gehen; anderseits muß aber auch alle Seife entfernt werden, weil diese auf Methylorange alkalisch reagiert.

Das alkalische Filtrat wird dann mit Phenolphtalein als Indikator mit 1/10 Normalsäure titriert. Der Verbrauch gibt die Menge an freiem Alkalihydroxyd. Die wäßrige Lösung des Rückstandes wird mit Methylorange, das auf freie Kohlensäure nicht reagiert, ebenfalls mit 1/10 Normalsäure titriert, man erhält auf diese Weise den Gehalt an Alkalikarbonat.

Nach dieser Methode ist eine Reihe von käuflichen Schmierseifensorten untersucht worden und in allen ziemlich eine beträchtliche Menge von überschüssigem Alkali, vorwiegend aus Karbonat bestehend, gefunden. Das Genauere über diese Resultate soll an anderer Stelle mitgeteilt werden; hier möchte ich nur bemerken, daß zwar im großen und ganzen die Desinfektionswirkung dem Gehalt an überschüssigem Alkali parallel ging, daß aber die gefundenen Mengen in keinem Falle auch nur annähernd zur Erklärung der Wirkung ausreichten. Das überschüssige Alkali an sich ist also — darin kann ich Serafini vollständig beistimmen — für die Desinfektionskraft nicht von ausschlaggebender Bedeutung.

Sehr viel größere Schwierigkeiten macht die Bestimmung des hydrolytisch abgespaltenen Alkalis, d. h. des Grades der Spaltung, den die fettsauren Alkalisalze unter dem Einflusse des Wassers erleiden. Eine Bestimmung durch Titration ist nicht möglich; die Analyse des abgeschiedenen sauren Salzes, wie sie von Krafft benutzt wurde, ist bei konzentrierteren Lösungen wegen ihrer schlechten Filtrationsfähigkeit kaum aus-



führbar. Am bequemsten und sichersten führt — allerdings auch nur bei reinen Salzen — wohl die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit zum Ziele, für die mir aber die Einrichtungen nicht zu Gebote standen. Festgestellt ist, daß der Grad der Dissoziation im allgemeinen mit der Molekulargröße der Fettsäure zunimmt (Stiepel), und daß er bei den Salzen der gesättigten Säuren sehr viel größer ist als bei den ungesättigten. Bei den höheren Fettsäuren und bei großer Verdünnung kann die ganze Seife gespalten werden und da die sauren fettsauren Salze unlöslich sind, entspricht eine solche stark verdünnte Seifenlösung einer Alkalilösung von der halben Konzentration.

Da somit durch die hydrolytische Spaltung beträchtliche Alkalimengen frei werden, und da ferner die stark bakterizide Kraft des freien Alkalis bekannt ist, liegt die Vermutung nahe, ob nicht die hydrolytische Spaltung wesentlich an der Desinfektionswirkung der reinen fettsauren Salze beteiligt ist. Hat man doch sogar auch die eigentliche Seifenwirkung, d. h. ihre reinigende, fettlösende Kraft auf das abgespaltene Alkali beziehen wollen.

Um die Frage nach der Abhängigkeit der Desinfektionswirkung vom Gehalt an freiem Alkali zu entscheiden, müßten wir das Verhältnis der bakteriziden Wirkung des freien Alkalis einerseits und der unzersetzten Seife anderseits kennen. Wir können uns die Wirkung der hydrolytischen Spaltung so vorstellen, daß ein Teil der Seife durch eine äquivalente Menge Alkalihydrates ersetzt wird. Desinfiziert nun das Alkali stärker, so muß die desinfizierende Kraft durch diesen Vorgang wachsen; desinfiziert aber die Seife stärker, als das Alkali, muß durch die Dissoziation eine Verringerung der bakteriziden Kraft entstehen.

Es ist nun leider nicht möglich, durch das Experiment zu entscheiden, welche von diesen Annahmen zutrifft, da wäßrige Seifenlösungen, soweit sie desinfektorisch überhaupt wirksam sind, stets hydrolytisch gespalten sind, eine Beobachtung der reinen Seifenwirkung also nicht angängig ist. Da sich durch genügend reichlichen Alkoholzusatz die Dissoziation verhindern läßt, könnte man daran denken, die Vergleichung in alkoholischer Lösung vorzunehmen. Aber auch das würde keine sichere Entscheidung geben, da einmal die Eigenwirkung des verdünnten Alkohols sehr störend ist, dann aber auch keineswegs feststeht, daß das Verhältnis der desinfizierenden Wirkung in alkoholischer Lösung sich ohne weiteres dem in wäßriger Lösung gleich setzen läßt.

Wenn wir demnach auf eine direkte experimentelle Bestimmung verzichten müssen, so läßt sich doch mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß das freie Alkali die stärkere Desinfektionswirkung ausübt;



daß also eine Erhöhung der hydrolytischen Spaltung auch eine Erhöhung der Desinfektionswirkung zur Folge hat.

Mit dieser Annahme scheint mir nun eine Reihe der an den fettsauren Salzen beobachteten Tatsachen ausgezeichnet übereinzustimmen. Zunächst das verschiedene Verhalten der gesättigten und ungesättigten Fettsäuren. Bei den ersteren ist die Hydrolyse viel größer als bei den letzteren; und dieser Unterschied tritt besonders deutlich in konzentrierter Lösung hervor. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man reines Kaliumoleat in wenig Wasser löst und Phenolphtalein zusetzt. Es tritt dann zunächst keine Rotfärbung auf, erst wenn bei steigendem Wasserzusatz eine Verdünnung von etwa $^1/_{15}$ normal erreicht ist, wird die Alkaliabspaltung stärker. Dagegen geben z. B. Kaliumpalmitat und Stearat, auch bei kleinen Wassermengen, sofort intensive Rotfärbung, die in jeder Konzentration wesentlich stärker ist, als bei der Ölsäure. Quantitativ sind die Verhältnisse von Kahlenberg und Schreiner[1] untersucht, die in Lösungen von Kaliumstearat, -Palmitat und -Oleat die Leitfähigkeit bestimmten, die annähernd als ein Ausdruck für den Grad der Hydrolyse angesehen werden kann. Auch hier zeigte sich, daß in konzentrierten Lösungen (bis $^1/_{64}$ normal) des Oleates keine nennenswerte Spaltung besteht, während Palmitat und Stearat bereits zu einem erheblichen Teil dissoziiert waren.

Besonders interessant ist das Verhalten des elaidinsauren Kaliums. Die Elaidinsäure, die der Ölsäure isomer ist, kommt zwar in natürlichen Fetten und dem entsprechend in Seifen nicht vor — sie bietet aber insofern Interesse, als sie, obwohl den ungesättigten Säuren gehörig, doch stark dissoziierende Salze bildet (Krafft). Der starken Hydrolyse entsprechend, zeigt auch das Elaidinat erhebliche desinfizierende Wirkung (s. Tabelle XI).

Ebenso steht auch das Verhalten der einzelnen Glieder der gesättigten Fettsäuren mit der Annahme der Wirksamkeit der hydrolytischen Spaltung im Einklang. Die Hydrolyse nimmt im allgemeinen mit der Molekulargröße der Säure zu, ebenso die desinfizierende Wirkung. Eine Ausnahme von der Regel scheint zunächst das Verhalten des Palmitats und Stearats zu bilden. Übereinstimmend in sämtlichen Versuchen ergab sich, daß das Palmitat etwas stärker desinfizierte, als die äquimolekulare Lösung des Stearates. Da sich im übrigen eine stetige Zunahme der Desinfektionskraft mit der Molekulargröße zeigte, so glaubte ich zunächst, daß Versuchsfehler die Schuld an diesem unregelmäßigen Verhalten des Stearates trügen. Denn die konzentrierten Lösungen des Stearates besitzen

[1] L. Kahlenberg u. O. Schreiner, Die wäßrigen Lösungen der Seifen. *Zeitschr. f. phys. Chemie.* 1898. Bd. XXVII. S. 552.



wegen der starken Ausscheidung von saurem Salz eine breiartige Beschaffenheit, die sowohl die innige Durchmischung mit der Kulturaufschwemmung, wie die stets gleiche Füllung der Platinöse stark erschwert. Obwohl ich mich nach Kräften bemühte, den dadurch möglichen Fehler zu vermeiden, schien es mir zunächst doch das Wahrscheinlichste, daß das eigentümliche Verhalten des Stearates auf diese Ursache zurückzuführen sei. Aber wie Tabelle IV zeigt, tritt die Überlegenheit des Palmitates auch in stark verdünnten Lösungen, wo die erwähnten Fehlerquellen vollständig fortfallen, ebenso deutlich auf. Eine Analyse der Salze ergab absolute Reinheit.[1]

Es bleibt also nichts übrig als die Annahme, daß tatsächlich das Palmitat eine größere Desinfektionswirkung besitzt als das Stearat.

Nun war es mir von großem Interesse, aus den Mitteilungen von Kahlenberg und Schreiner zu entnehmen, daß bezüglich der Hydrolyse die Sache ganz ähnlich liegt, auch hier steht mit Ausnahme von stark verdünnten Lösungen (von $^1/_{512}$ normal an) das Palmitat voran. Der scheinbare Ausnahmefall erweist sich also als eine willkommene Bestätigung unserer Annahme von der Bedeutung der Hydrolyse.

Tabelle XII.

Min.	Karbolsäure $^3/_4$ Proz.	Karbolsäure 1 Proz.	Karbolsäure $1^1/_2$ Proz.
5	reichlich	sehr stark vermindert	0
10	vermindert	56	0
20	stark vermindert	0	0
40	ca. 800	0	0
60	„ 100	0	0
120	0	0	0

Schließlich möchte ich noch auf eine Eigentümlichkeit im Verhalten der Desinfektionswirkung der Seifenlösungen hinweisen, die vielleicht ebenfalls durch die Annahme der Beteiligung des hydrolytisch abgespaltenen Alkalis erklärt werden kann. Es zeigt sich nämlich, daß bei den Salzen der höheren Fettsäuren (Stearat bis Myristat) die Desinfektionswirkung mit steigender Verdünnung auffällig langsam abnimmt, langsamer als bei den niedrigen Säuren und langsamer vor allen Dingen als bei anderen Desinfektionsmitteln gewöhnlicher Art. Ein Vergleich zwischen Stearat, Palmitat und Myristat einerseits, Nonylat, Caprylat und Karbolsäure (Tabelle XII) anderseits zeigt sehr deutlich das verschiedene Verhalten.

[1] 0·1602 grm Stearat enthielten 0·0195 kg = 12·19 Proz. Berechnet 12·12 Proz.
0·1798 „ Palmitat „ 0·0238 „ = 13·23 „ „ 13·26 „



Nun nimmt auch die Hydrolyse mit steigender Verdünnung zu und zwar in der Art, daß zwar die absolute Menge des abgespaltenen Alkalis verringert wird, daß aber der prozentische Anteil des zersetzten Salzes stetig wächst. Unter der Annahme, daß dem Alkali stärkere Wirkung zukommt, als der unzersetzten Seife, muß also ein Teil der Verdünnungswirkung durch relative Zunahme des Alkalis aufgehoben werden. Das muß natürlich um so mehr in die Erscheinung treten, je mehr die Hydrolyse an der Desinfektionswirkung beteiligt ist. Die Tatsachen stehen durchaus mit dieser theoretischen Ableitung in Einklang. Für den Fall, daß bei zwei Salzen die Hydrolyse mit der Verdünnung in ungleichem Maße wächst, ist es denkbar, daß sich dadurch das Verhältnis der Desinfektionswirkung der beiden Salze mit der Konzentration ändert. Es ist möglich, daß das Verhalten des Myristates zum Laurinat (Tabelle IV und V) auf diese Weise zu erklären ist.

Wir können also das Resultat aller dieser Überlegungen dahin zusammenfassen, daß höchstwahrscheinlich die Hydrolyse an dem Zustandekommen der desinfizierenden Wirkung der Salze der gesättigten Fettsäuren erheblich beteiligt ist. Es würde aber anderseits durchaus falsch sein, wenn wir die Wirkung als reine Alkaliwirkung auffassen wollten. Dem widerspricht die Beobachtung, daß auch die Salze der ungesättigten Fettsäuren in konzentrierten Lösungen eine gewisse, wenn auch recht schwache Desinfektionskraft besitzen, und besonders das Verhalten des Nonylates und Caprylates, die trotz des Fehlens der Hydrolyse, in starken Lösungen kräftige Wirkungen besitzen. Noch mehr sprechen aber die quantitativen Verhältnisse der Desinfektionswirkung bei den stark desinfizierenden Salzen der ungesättigten Fettsäuren gegen die Annahme einer reinen Alkaliwirkung. Wäre eine reine Alkaliwirkung vorhanden, so könnte im günstigsten Falle, d. h. bei Annahme vollständiger Zersetzung der Seife, die Desinfektionskraft einer n-normalen Seifenlösung der einer $n/2$ normalen Kaliumhydratlösung entsprechen, da in diesem Falle die Hälfte des Kalis gelöst, die Hälfte als saures Salz ausgeschieden wäre.

In Wirklichkeit ist die Desinfektionskraft der Seifenlösungen aber, wie aus einem Vergleich mit den Zahlen für reine Kalilösungen (s. Tabelle XIII) hervorgeht, viel stärker, als sie im günstigsten Falle vom Kali allein ausgeübt würde. Das scheint zunächst im Widerspruch zu stehen mit der Tatsache, daß eine Erhöhung des Kaliumgehaltes auf Kosten der Seife durch vermehrte Hydrolyse zweifellos eine stärkere Desinfektionswirkung zur Folge hat. Der Widerspruch löst sich aber sofort, wenn wir annehmen, daß durch die Kombination der Wirkungen von Alkali und Seife eine Erhöhung der Desinfektionskraft hervor



gerufen wird, welche stärker ist, als sie durch eine äquimolekulare Menge desselben Agens bewirkt werden würde.

Daß solche Erhöhungen der spezifischen Desinfektionskraft eines Mittels durch Mischung mit einem anderen Desinficiens vorkommen, darauf hat schon Henle[1] hingewiesen, der diese Tatsache zur Erklärung der guten Wirkung des Kreolins benutzt hat.

Eine experimentelle Bestätigung dieser Annahme ist allerdings in unserm Falle bei den Salzen der gesättigten Fettsäuren nicht möglich, da wir wegen der hydrolytischen Spaltung ihre Wirkung in neutraler wäßriger Lösung nicht untersuchen können. Wohl aber kann man an den sehr schwach gespaltenen ölsauren Salzen ähnliche Versuche anstellen, wenn auch hier wegen der sehr geringen eigenen Desinfektionswirkung der Oleate die Verhältnisse für unsere Annahme ungünstiger liegen.

Tabelle XIII.

Minuten	KOH $^1/_{40}$	KOH $^1/_{80}$	KOH $^1/_{160}$	Öls. Kal. $^1/_{10}$	Öls. Kal. $^1/_{20}$	Öls. Kal. $^1/_{40}$	Öls. Kal. $^1/_{10}$ KOH $^1/_{40}$ āā	Öls. Kal. $^1/_{20}$ KOH $^1/_{80}$ āā	Karbolsäure 1 Prozent
5	stark verm.	ver-mindert	reichlich	reichlich	reichlich	reichlich	0	stark vermind.	reichlich
10	43	desgl.	„	„	„	„	0	ca. 300	vermind.
20	0	„	„	„	„	„	0	2	stark vermind.
40	0	„	„	vermind.	„	„	0	0	ca. 130
60	0	„	„	deutlich vermind.	vermind.	„	0	0	4
120	0	deutlich verm.	kaum vermind.	stark vermind.	deutlich vermind.	kaum vermind.	0	0	0

Tabelle XIV. $^1/_{40}$ normale Lösungen.

Minuten	KOH	KOH $^3/_4$ Öls. Kal. $^1/_4$	KOH $^1/_2$ Öls. Kal. $^1/_2$	KOH $^1/_4$ Öls. Kal. $^3/_4$	Öls. Kalium
5	50	0	0	sehr stark verm.	reichlich
10	0	0	0	4	„
20	0	0	0	0	„
40	0	0	0	0	„
60	0	0	0	0	vermindert
120	0	0	0	0	„

[1] Henle, Über Kreolin und seine wirksamen Bestandteile. *Archiv f. Hygiene.* 1889. Bd. IX. S. 188.



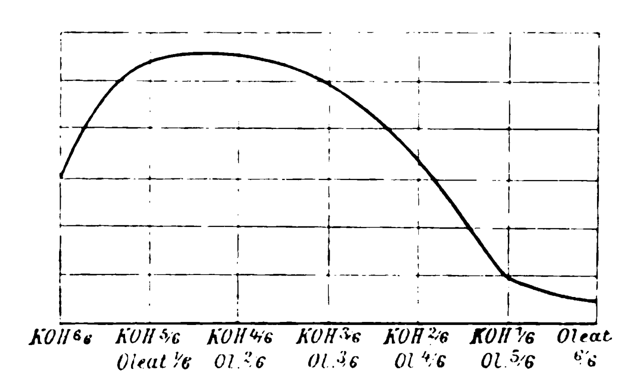
Tabelle XV. $^1/_{50}$ normale Lösungen.

Minuten	KOH $^6/_6$ Öls. Kal. 0	KOH $^5/_6$ Öls. Kal. $^1/_6$	KOH $^4/_6$ Öls. Kal. $^2/_6$	KOH $^3/_6$ Öls. Kal. $^3/_6$	KOH $^2/_6$ Öls. Kal. $^4/_6$	KOH $^1/_6$ Öls. Kal. $^5/_6$	KOH 0 Öls. Kal. $^6/_6$	Karbolsäure 1 Prozent
5	ca. 3000 sehr st. verm.	6	17	100	ca. 3000 sehr st. verm.	reichlich	reichlich	ca. 1000
10	ca. 500	0	0	0	ca. 500	„	„	0
20	60	0	0	0	5	„	„	71
40	0	0	0	0	0	„	„	0
60	0	0	0	0	0	vermind.	„	0
120	0	0	0	0	0	„	kaum verm.	0

Wie aus Tabelle XIII hervorgeht, ist nun bei den Oleaten in Verbindung mit Kaliumhydrat eine solche gegenseitige Erhöhung der Wirksamkeit sehr deutlich zu konstatieren. 1/20 normales Kaliumoleat besitzt keine nennenswerte Wirkung, ebenso ist die Wirkung von 1/80 Kaliumhydrat nur schwach. Durch Kombination der beiden Wirkungen (1/10 Oleat und 1/40 Kaliumhydrat zu gleichen Teilen) bekommt man eine sehr stark desinfizierende Lösung, welche die doppelt so starke Kalilösung an Wirkung erheblich übertrifft. Es hat also beim Kaliumhydrat die Kombination mit der an sich kaum desinfizierenden 1/20 normalen Oleatlösung erheblich stärker gewirkt als die Erhöhung der Kalikonzentration auf das Doppelte. Ganz ähnlich sind die Resultate bei der Kombination von 1/40 Oleat und 1/160 Kaliumhydrat, die beide an sich kaum desinfizieren, aber zusammen eine Wirkung ergeben, welche die einer 1/80 normalen Kaliumhydratlösung erheblich übertrifft. Noch auffälliger und schlagender und für die vorliegende Frage beweiskräftiger sind die folgenden in Tabelle XIV und XV wiedergegebenen Versuche, bei denen nicht Konzentrationen von gleicher Desinfektionskraft, wie bisher, sondern von gleicher Normalität miteinander verglichen und so die Verhältnisse bei der hydrolytischen Spaltung getreu nachgebildet sind. Tabelle XIV beweist, daß wenn in einer 1/40 normalen Lösung von Kaliumhydrat die Hälfte oder ein Viertel des Kalis durch das an sich unwirksame Oleat ersetzt wird, dadurch die Desinfektionskraft nicht, wie man erwarten sollte, herabgesetzt, sondern gesteigert wird. Genauer geht die Lage des Maximums der Desinfektionswirkung aus Versuch XV hervor, in dem eine 1/50 normale Lösung von Kaliumhydrat stufenweise durch das Oleat ersetzt wurde. Das Maximum liegt etwa bei einem Zusatz von 1/6 Oleat, die Wirkung fällt langsam bis 3/6, erreicht etwa bei 4/6 wieder die des reinen Kaliumhydrates und fällt

dann rasch bis 5/6, um bei reinem Oleat fast ganz aufzuhören. Der Verlauf der Desinfektionskraft entspricht also etwa der untenstehenden Kurve.

Diese Beobachtung, die zunächst an den Oleaten gemacht ist, werden wir ohne Bedenken auf die Salze der gesättigten Fettsäuren übertragen dürfen. Denn wenn schon die an sich unwirksamen Oleate eine so energische Erhöhung der Desinfektionskraft bewirken, läßt sich annehmen, daß dies bei den Salzen der gesättigten Säuren, die für sich allein schon desinfizierende Wirkung besitzen, in mindestens dem gleichen Maße der Fall ist. Diese Beobachtung scheint mir die Möglichkeit für eine Erklärung der Desinfektionswirkung der fettsauren Salze mit ihren Eigentümlichkeiten zu liefern. Die Erklärung beruht, kurz zusammengefaßt, darauf, daß **Alkali und fettsaure Salze bei gemeinsamer Einwirkung eine gegenseitige Erhöhung ihrer Desinfektionskraft bewirken, und zwar eine stärkere Erhöhung, als sie durch dieselben Mengen in einer gleich starken Lösung desselben Mittels hervorgebracht worden wäre.**



Es ist zu hoffen, daß es mit Hilfe der bisherigen Feststellungen gelingen wird, die Verschiedenheiten in der Wirkung der käuflichen Seifen zum größten Teile aufzuklären. Wenn man den gewaltigen Unterschied in der Wirkung von Palmitat und Oleat berücksichtigt, so wird es verständlich, daß Mischungen von beiden die mannigfachsten Abstufungen in der Desinfektionskraft ergeben müssen. Die Bedeutung des überschüssigen Alkalis wird nach dem Vorhergehenden weniger in seiner eigenen Desinfektionskraft, als in der Steigerung der Desinfektionswirkung der fettsauren Salze zu suchen sein.



III. Zusätze.

Ich glaube deshalb, daß der dritte Bestandteil der käuflichen Seifen, der vorhin allgemein unter dem Begriff „Zusätze“ zusammengefaßt wurde, für die Desinfektionswirkung keine große Bedeutung besitzt. Solche Zusätze tragen mehr oder weniger den Charakter der Verfälschung; dahin gehören: Stärke, Kieselsaures Natron, Kreide usw. Eine desinfizierende Wirkung ist bei diesen wenig wahrscheinlich.

So habe ich mich darauf beschränkt, zwei Zusätze zu untersuchen, bei denen die Möglichkeit einer erheblichen Beeinflussung der Desinfektionswirkung nicht ausgeschlossen war.

Von Konrádi[1] ist behauptet, daß die desinfizierende Wirkung der Seifen allein auf ihrem Gehalt an Riechstoffen beruhte; insbesondere soll das Terpineol, das häufig zur Parfümierung benutzt wird, sehr kräftige Wirkung ausüben.

In ihrer Allgemeinheit ist diese Konrádische Behauptung sicher nicht zutreffend, denn erstens ist die reine Seifensubstanz keineswegs immer unwirksam, und zweitens werden die Schmierseifen überhaupt nicht parfümiert. Ich habe trotzdem einen Versuch mit Terpineol gemacht; zwei Tropfen mit 10 ^{ccm} Wasser kräftig geschüttelt, wobei sie sich nicht ganz lösten, ergaben eine Flüssigkeit von deutlich desinfizierender Wirkung, die Typhusbazillen in 10 Minuten abtötete. Es ist also immerhin nicht unmöglich, daß bei manchen Seifen durch die Parfümierung eine Erhöhung der Desinfektionswirkung hervorgerufen wird.

Wichtiger erschien mir ein anderer Zusatz, der sich gerade bei Schmierseifen häufig findet: die Harzseifen.

Der Zusatz von Harz ist sehr beliebt, weil durch ihn die Schaumbildung der Seifen sehr befördert wird. Er ist, wenn er in mäßiger Menge geschieht, nicht als Verfälschung anzusehen. In Baden sind 20 Prozent erlaubt.

Serafini, der sich bereits ausführlich mit der Frage der Harzseifen beschäftigt hat, kommt zu dem Schluß, daß die „Seifen, welche Harzseifen enthalten, eine genau um so geringere Desinfektionswirkung entwickeln, je größer der Gehalt an Harzsäuresalzen ist“. Es ist nicht ganz verständlich, wie Serafini zu diesem Satze gekommen ist, da er keine Versuche mit Harzseifen angestellt hat und doch auch die Möglichkeit vorlag, daß die Harzseifen eine recht kräftige desinfizierende Wirkung besitzen.

[1] Konrádi, Über die bakterizide Wirkung der Seifen. *Archiv f. Hygiene* Bd. XLIV. S. 101.



Um die Frage selbst zu prüfen, habe ich mir durch Verseifen von Kolophonium mit alkoholischer Kalilauge eine möglichst neutrale Harzseife hergestellt. Es ergab sich eine in Wasser klar lösliche Seife, die deutliche hydrolytische Spaltung zeigte. Die Desinfektionswirkung war aber nicht sehr groß, sie stand den Salzen der gesättigten Fettsäuren erheblich nach, wenn sie auch die der Oleate etwas übertraf. Ein mäßiger Zusatz von Harzseife wird also die Desinfektionskraft einer Seife nicht ausschlaggebend beeinflussen können.

Weitere Zusätze in Betracht zu ziehen, schien aus den vorhin angegebenen Gründen zunächst nicht nötig. Die Untersuchung derselben würde erst dann in Angriff zu nehmen sein, wenn es nicht gelingen sollte, die Unterschiede im Verhalten der käuflichen Seifen durch Analyse in der angegebenen Richtung aufzuklären. Diese Untersuchungen sind bereits in Angriff genommen.

[Aus der gynäkologischen Abteilung der Marburger Frauenklinik.]

Erfahrungen mit dem „verschärften Wundschutz" bei gynäkologischen Laparotomien.

Von

Dr. **Erich Opitz,**
o. Mitglied und Professor für Frauenheilkunde und Geburtshilfe an der Akademie für prakt. Medizin in Düsseldorf.

Die folgenden Ausführungen sollen, wenn ich mich so ausdrücken darf, einen kleinen Beitrag zur „Hygiene" der Operationen bringen. Darunter möchte ich den Inbegriff aller Maßnahmen verstanden wissen, welche zum Schutze der Kranken vor den ihnen durch Operationen drohenden Gefahren getroffen werden können. Dazu gehört in erster Reihe die in weiterer Fortführung der von Semmelweiß und Lister aufgestellten Gesichtspunkte erreichbare Fernhaltung und Vernichtung von Wundkeimen. Daß es damit allein aber nicht getan ist, lehren neben fremden auch meine eigenen Erfahrungen an einem schon nicht mehr ganz unbedeutenden Material. Es gehört dazu u. a. eine zweckmäßige Ernährung der Kranken, schonendes Haushalten mit den allgemeinen Körperkräften, eine möglichst unschädliche Art der Schmerzausschaltung, Vermeidung der Abkühlung bei der Operation und last not least eine gute Operationstechnik und schnelles Operieren.

Wenn auch niemals ganz unterdrückt, so sind doch die Gesichtspunkte, die zuletzt erwähnt wurden, gegenüber der „Asepsis" und deren Verfeinerung sehr stark im Hintergrunde geblieben, was ja nach der ganzen Entwicklung nicht nur der gynäkologischen, sondern überhaupt der allgemein chirurgischen Operationslehre nicht verwunderlich sein kann. Um so überraschender und erfreulicher war es für mich, zu vielen der Ansichten, die im folgenden dargestellt werden sollen, übereinstimmende Äußerungen aus den Referaten und den mündlichen Vorträgen zu dem

Thema „Asepsis bei Laparotomien" der Dresdener Versammlung der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie zu finden. Es schien daher zweckmäßig, den für dieses Thema angemeldeten Vortrag mit Rücksicht auf die allgemeiner betonte Wichtigkeit auch anderer Dinge als die Asepsis zu erweitern und auch Anderes in aller Kürze im Rahmen dieses Beitrages zu besprechen.

Als Grundlage für die Betrachtungen über die Erfolge des verschärften Wundschutzes sollen je 100 Laparotomien dienen, die zum größten Teil von mir selbst, zum kleineren von Assistenten der Marburger Frauenklinik ausgeführt worden sind, und zwar 100 ohne, 100 mit „verschärftem Wundschutz".

Man darf sich dabei keineswegs das Mißliche dieser Art der Prüfung verhehlen, auf das Werth u. A. aufmerksam gemacht haben. Es ist zweifellos nicht richtig, ohne weiteres Schlüsse zu ziehen aus besseren Operationserfolgen auf eine bessere Wirkung der aseptischen Schutzmaßregeln. Dazu ist das, was den Erfolg der Operationen herbeiführt bzw. ihn vereitelt, viel zu mannigfaltig. Man wird nur dann einen Rückschluß in der angedeuteten Richtung machen dürfen, wenn man bei sonst gleichbleibenden äußeren Verhältnissen, wie Operationssaal, Technik usw., möglichst große Zahlen gleichartiger Operationen desselben Operateurs miteinander in Beziehung setzt. Das trifft mit gewissen Einschränkungen auf die zu besprechenden Fälle zu, da sie nur in der Klinik operierte Frauen betreffen. Meine Privatpatienten, die die leider nur kleinen Zahlen beträchtlich vergrößern könnten, sind an anderer Stelle unter anderen äußeren Bedingungen operiert, zum Teil auch unter anderen Schutzmaßregeln und deshalb nicht mit aufgenommen worden. Nur gelegentlich sollen meine diesbezüglichen Erfahrungen mit angezogen werden.

An einem sehr großen Mangel leiden derartige Statistiken zweifellos. Wir wissen, daß der Körper mit Bakterien, auch mit virulenten, ja selbst mit verhältnismäßig großen Mengen der letzteren fertig werden kann, bisweilen ohne durch ausgesprochene Krankheitserscheinungen den sich in den Geweben abspielenden Kampf äußerlich kenntlich zu machen. Andererseits beweist selbst Sekretion aus der Wunde nicht ohne weiteres, daß Infektion stattgefunden hat, wird ja doch behauptet, daß sicher aseptisches Katgut eine aseptische Eiterung hervorrufen kann (Poppert).

Alle genaue Beobachtung von Puls und Temperatur und der Wundheilung kann also nicht mit der wünschenswerten Sicherheit und Genauigkeit beweisen, daß Keime vom Operationsgebiet ausgeschlossen worden sind. Dazu wären genaueste bakteriologische Untersuchungen während der Operation erforderlich, obwohl auch diesen, wie Hannes neuerdings hervorhebt, eine Beweiskraft nur insofern zukommt, als der Nachweis von



Bakterien wohl beweisend ist, nicht aber das Fehlen von Keimen auch eine wirkliche Keimfreiheit der Wunde mit der nötigen Sicherheit beweist. Es können ja Keime dem Nachweis entgangen sein.

Leider war es mir nun wegen des in unserer Klinik sehr beschränkten Personals unmöglich, derartige Untersuchungen mit der nötigen Genauigkeit und Regelmäßigkeit anzustellen. Ich habe daher darauf verzichten müssen und mich auf die einfache Nebeneinanderstellung der Erfolge beschränkt. Es ist dies um so eher angängig, als zu betonen ist, daß die Menge der etwa gefundenen Bakterien an sich für den den ganzen Untersuchungen zugrunde liegenden Zweck, möglichste Gefahrlosigkeit operativer Eingriffe, verhältnismäßig gleichgültig ist. Von Bedeutung sind eigentlich nur Untersuchungen, die außer der Zahl der Bakterien auch ihre Art und ihre Menschengiftigkeit feststellen. Besonders das letztere ist kaum möglich. Wenigstens muß ich bekennen, daß selbst der Nachweis von Hämolyse gegenüber dem Menschenblut mir noch lange nicht mit dem Beweise für die Virulenz der Bakterien gegenüber dem Menschen zusammenzufallen scheint. Der Versuch am Menschen ist unmöglich, also bleibt uns zunächst nichts weiter übrig, als Vermutungen über die eventuelle Giftigkeit der gefundenen Keime, soweit sie nicht ihrer Art wegen als für den Menschen ungiftig erkannt sind.

Natürlich ist die ganze Frage erledigt, wenn sich nachweisen läßt, daß wir ganz oder nahezu keimfreie Wunden bei Operationen zu setzen imstande sind. Wenn dann überhaupt keine oder nur ganz vereinzelte Keime zu finden sind, so sind ja sicherlich auch keine oder nur so wenig menschenpathogene vorhanden, daß sie keinen Schaden anrichten können. Darin liegt auch der große Wert der von Döderlein angestellten Versuche mit dem von ihm erfundenen Gaudanin. Denn selbst die zahlreichsten in Wunden und Handschuhsaft gefundenen Keime sind gleichgültig für das, worauf es ankommt, die ungestörte Heilung nach Operationen, solange es sich um harmlose Schmarotzer handelt. Und ganz gewiß gehört zu dieser Art von Keimen die gewaltige Mehrzahl der aus der Haut und Luft stammenden Bakterien, die in den Wunden gefunden wurden. Freilich muß man dabei auch zugeben, daß unter uns unbekannten Umständen gelegentlich mal nicht virulente Keime virulent werden können.

Dies vorausgeschickt, wenden wir uns zu den zum Vergleiche benutzten Fällen. Unsere Desinfektion besteht in folgendem:

Für die regelmäßig bei Operationen beschäftigten Personen besteht auf der gynäkologischen Abteilung der Frauenklinik die strenge Vorschrift, nichts Infektionsverdächtiges mit bloßen Händen zu berühren. Die Übung ist mit der Zeit so streng geworden, daß jetzt auch alle vaginalen Untersuchungen nur mit durch Gummihandschuhe geschützten Fingern vor-



genommen werden. In der ersten Zeit haben wir uns darauf beschränkt, die Gummihandschuhe zu Verbandswechsel, zu rektalen Untersuchungen und zu Untersuchungen bei Carcinomen, verdächtigen Aborten usw. anzulegen.

Als Desinfektionsmethode benützten wir ausschließlich die Ahlfeldsche Heißwasser-Alkohol-Methode. Genaue Vorschriften für die Zeit, welche auf Waschen der Hände, Kürzen der Nägel, Abreiben mit Alkohol verwendet werden muß, sind nicht gegeben. Jeder soll sich mit angestrengter Aufmerksamkeit und so gründlich wie denkbar waschen. Die auf diese Weise für Waschen und Anlegen der sterilen Mäntel usw. benötigte Zeit beträgt bei der ersten Operation an einem Tage ganz regelmäßig 45 Minuten, bei den zweiten und späteren Operationen beträchtlich weniger.

Die Hände werden in fließendem, möglichst warmem Wasser zunächst mit sterilen Bürsten bearbeitet. Die Bürsten werden ausgekocht und in 96 prozent. Alkohol aufbewahrt. Dann werden die Nägel gründlich gekürzt, Nagelfalz und Unternagelraum mit stumpfem Nagelreiniger bearbeitet, Rauhigkeit der Haut mit Bimstein beseitigt. Dann weitere Waschung mit Seife in fließendem Wasser und mit mehrfach gewechselter Bürste, Abreiben mit rauhem Handtuch, nochmalige Waschung. Es folgt die Bearbeitung der Hände und Unterarme mit 96 prozent. Alkohol zuerst mit der Bürste, dann mit großen Flanellappen.

Nun wird die sterile Kopfkappe aus derber Leinwand aufgesetzt, welche den Kopf völlig einhüllt und nur einen Schlitz für die Augen besitzt, so daß Nase und Mund auch bedeckt sind. Sodann werden weiße sterile Leinenmäntel angezogen, deren Ärmel bis an die Handgelenke reichen und dort eng anschließend zugeknöpft werden.

Damit waren die Vorbereitungen für Operateur, Assistent und Schwester beendigt in der Vorgummizeit, in der Gummizeit wurden dann sterile Gummihandschuhe, innen mit Talkum gepudert, über die Hände trocken angezogen. Sie reichen über die Ärmel des Mantels in die Höhe, so daß kein Stück der Armhaut unbedeckt bleibt. In der letzten Zeit haben wir zum Schutze der Gummihandschuhe vor Verletzungen bei der Operation noch lange Zwirnhandschuhe, die bis in die Mitte des Unterarmes reichen, über die Gummihandschuhe angelegt. Damit wird zugleich ein Abschieben der Gummihandschuhe nach unten von den Ärmeln des Mantels verhindert.

Die Kranken werden am Tage vor der Operation gebadet und rasiert. Bei faltiger Bauchhaut haben wir — in der letzten Zeit stets — außerdem noch die Haut mit Isoform-Paste eingerieben und dann mit sterilem Tuche bis zur Operation bedeckt.

Nach eingetretener Narkose oder nach der Einspritzung von Novocain-Suprarenin-Lösung in den Duralsack wird die Kranke auf den Operationstisch gelegt und nun die Bauchhaut gründlich mit Wasser und Seife



und dann mit Alkohol bearbeitet. Der Nabel wird mit Zange vorgezogen und stark gebürstet und noch außerdem mit Jodtinktur behandelt. Es folgt das Eindecken mit sterilen Tüchern, die nur einen Schlitz für die Schnittführung freilassen und an den Bauchdecken befestigt werden, so daß sie sich nur wenig verschieben können.

In der Vorgummizeit wurde nun ohne weiteres die Operation begonnen. Während der Operation häufiges Abspülen der Hände von Operateur und Assistenten mit 1 Promille Sublimat, dessen Überschuß an sterilem Tuche abgetrocknet wird.

In der Gummizeit wurde der Hautschnitt angelegt und nun jederseits Billroth-Battist oder ein Streifen Gummituch an die Hautränder jederseits angenäht oder mit eigens dazu angefertigten Klammern befestigt und zwar so, daß das sterile Gummituch rings über die Hautränder auf das Unterhautfett herüberreicht und an den beiden Enden des Schnittes die Tücher an jeder Seite sich überlagern. Trotzdem kam gelegentlich eine Verschiebung der Bedeckung während der Operation zustande, aber doch nur selten.

Mit neuem Messer wurde nun erst nach Befestigung des Gummischutzes Fascie und Peritoneum gespalten und die Bauchhöhle eröffnet. Zum Schutze der Wunde bedienen wir uns der Specula von Fritsch.

Was die Schnittführung betrifft, so haben wir den medianen Längsschnitt und den Küstnerschen Querschnitt in der Modifikation von Pfannenstiel angewandt. Die Naht wurde gleichmäßig in allen Fällen in der Weise angelegt, daß zunächst mit fortlaufenden dünnen Katgutfaden das Peritoneum vernäht wird. Dann wird, falls die Muskelbäuche der Recti nicht schon durch den ersten Schnitt freigelegt sind, in der Ausdehnung der Wunde jederseits die Rectusscheide eröffnet und die Recti mit sehr locker geknüpften Katgutknopfnähten aneinandergelegt. Es folgt die fortlaufende Naht der Fascie mit doppelt genommenem Katgutfaden, wobei jeder dritte Stich umschlungen wird. Das Fettgewebe wird nicht genäht, sondern zum Schlusse nur die Haut mit fortlaufendem Katgutfaden oder auch mit Katgutknopfnähten vereinigt. In der letzten Zeit haben wir nur die subkutane Naht angewandt. Zu allen diesen Nähten wurde ausschließlich Katgut gebraucht. Zuerst Krönig-Katgut, später versuchsweise Miyake- und Claudius-Katgut. Wir sind aber wieder zum Krönigschen Katgut zurückgekehrt. Die Absicht bei diesem Wechsel war, einen länger der Aufsaugung trotzenden Faden zu verwenden. Es hat sich aber gezeigt, daß besonders für die Hautnaht weder das mit Quebrachoauszug gegerbte noch das mit Jod getränkte Katgut reizlos ist, und wir sind deshalb wieder davon zurückgekommen. Zudem hat die Erfahrung gelehrt, daß wir auch bei Gebrauch des schnell aufsaugbaren



Cumolkatguts ein Aufgehen der Nähte in den Bauchdecken nicht zu befürchten haben, sorgfältige Naht vorausgesetzt. Eine Hernienbildung ist auch beim Längsschnitt nicht vorgekommen, außer wenn die Mikulicz-Tamponade angewandt wurde oder die primäre Heilung ausblieb.

Die geschilderte Nahtmethode hat nur in einigen wenigen Fällen von ausgedehnter Hernienbildung in der Bauchnarbe (nach auswärts ausgeführten Operationen) eine Änderung erfahren. Wir haben dann einige Entspannungsnähte mit Silkworm durch Haut, Fett und Fascie gelegt, die nach Vollendung der Schichtnähte geknotet wurden. Es sind auf diese Weise Hernien mit über handbreitem Klaffen der Fascienränder geheilt worden. Der Verband gestaltet sich außerordentlich einfach. Wir verzichten auf die Anwendung aller austrocknenden und antiseptischen Pulver und Pasten, ausgenommen bei Tuberkulose, bei der wir Jodoform in die Wundränder einreiben und auf die Naht aufpudern. Es wird nur sterile Verbandgaze in zahlreichen Schichten auf die Wunde gelegt. Darüber kommen, je nach der Beschaffenheit des Bauchinhalts, wenige oder zahlreiche Lagen sterilen Zellstoffs. Das Ganze wird mit drei bis vier Heftpflasterstreifen befestigt, von denen der untere zur Hälfte seiner Breite in ganzer Länge auf die Haut über der Symphyse aufgeklebt wird, so daß ein Verschieben des Verbandes nach oben ausgeschlossen ist.

Die Laparotomien nun, die in den letzten Jahren bei uns ausgeführt wurden, setzen sich folgendermaßen zusammen, wobei ich kurz die Vorgummi- und die Gummizeit unterscheide.

	Vorgummi	Gummi
Ventrifixur	21	21
Einfache Ovariotomien	21	10
Komplizierte Ovariotomien	7 (−2)[1]	4 (−1)[1]
Myome	19	14
Extrauteringraviditäten	4	7
Bauchhernien	6	4 (−1)[1]
Probelaparot. (ohne Tuberkulose)	3	6
Adnex-Operation (ebenfalls ohne Tuberkul.)	3	3
Tuberkulose	6	8
Karzinom	3	10
Kaiserschnitt	2	4
Verschiedenes	6 (−5)[1]	(9)
	101	100

Für unsere Zwecke müssen die Operationen ausgeschaltet werden,

[1] Die unter — angeführte Zahl von Fällen ist als „infiziert" für die weitere Berechnung ausgeschaltet.



bei denen infizierter Inhalt in der Bauchhöhle vorhanden war. Es ist ja ohne weiteres verständlich, daß wir nicht Mangelhaftigkeit unserer Schutzmaßregeln gegen von außen kommende Infektionen verantwortlich machen können bei Störungen, die durch Infektion von dem Bauchinhalte aus bedingt sind.

Es fallen dann ganz aus: die Karzinome, Tuberkulose, die Kaiserschnitte und einige weitere Operationen unter der Bezeichnung „Komplizierte Ovariotomien“ und „Verschiedenes“, und eine Bauchhernie, bei deren Operation der mit der Narbe verwachsene Darm eröffnet werden mußte.

Es bleiben dann zum Vergleich noch 83 Operationen ohne und 67 mit „verschärftem Wundschutz“. Unter diesen Operationen haben, um das gleich zu erledigen, in der ersten Gruppe eine, in der zweiten drei zum Tode geführt.

Diese Todesfälle sind nun zunächst genauer zu würdigen mit Bezug auf die Frage, ob etwa mangelhafte Schutzvorrichtungen an dem bedauerlichen Ausgang Schuld haben können.

Der einzige hier in Betracht kommende Todesfall in der ersten Reihe betrifft eine Frau R. mit einem inoperablen Cervixkarzinom. Es wurde beiderseits die Freilegung der Gefäße und des Ureters vorgenommen, beim Versuch, nun die Parametrien auszulösen, zeigte es sich, daß die karzinomatöse Infiltration beiderseits tief in die Beckenwand hineinreichte. Nach Unterbindung der beiden Uterinae wurde das Peritoneum wieder über den Ureteren usw. zugenäht. Schluß der Bauchwunde. Die Frau erlag am fünften Tage p. op. unter den Erscheinungen fast völliger Anurie und Herzschwäche. Bei der Autopsie wurde gefunden: Verfettung der Leber. R. Niere parenchymatöse und interstit. Nephritis. L. Niere chron. interstit. Nephritis. Serosa der Darmschlingen im Becken etwas seifig, keine Verklebungen und Trübungen. R. Ureter durch eine Schlinge der fortlaufenden Peritonealnaht gefaßt und abgeschnürt. In der Bauchhöhle Bacterium coli. Im Herzblut grampositive Diplokokken.

Nach diesem Befunde dürfte die Todesursache nicht in einer durch mangelhafte Asepsis verursachten Infektion zu suchen sein.

Bei den mit verschärftem Wundschutz gemachten Operationen sind drei Todesfälle zu beklagen gewesen.

Der erste ereignete sich bei einer Frau mit Karzinose des Peritoneums. Sie starb nach bloßem Ablassen des Ascites unter den Erscheinungen der Herzschwäche. Sektion nicht gestattet.

Die beiden anderen Todesfälle betrafen Myomotomien.

Die eine wurde von einem großen Cervixmyom, das ohne Schleimhautbedeckung in die Scheide weithineinragte, durch abdominale Totalexstirpation befreit. Da in dem großen Wundbette eine genaue Blutstillung nicht



möglich war, wurde für 24 Stunden eine Mikulicz-Tamponade eingelegt. Am zweiten Tage starb die Kranke unter den Erscheinungen der Herzschwäche.

Sektionsbefund: Sehnenflecke und braune Atrophie des Herzens. Schwere, eitrige Bronchitis. Beiderseits Hydronephrose mit Erweiterung des linken Ureters, parenchymatöse Nephritis mit vollkommener Nekrose der Epithelien. Trübe Schwellung, braune Atrophie der Leber. Frische Peritonitis fibrinosa im Operationsgebiet. Struma fibrosa.

Bei der dritten Kranken wurde vom Operateur zunächst die Enukleation eines Myoms versucht, dann aber die supravaginale Amputation gemacht. Die Operation gestaltete sich wegen Verwachsungen schwierig und dauerte sehr lange. Die Genesung schien zunächst ganz ungestört zu verlaufen, es war außer großer Unruhe bei der Kranken nichts zu bemerken, Funktionen sämtlich normal, keine Temperatursteigerung. Erhöhung des Pulses. Am achten Tage aber plötzlich Exitus an Lungenembolie.

Bei dem ersten der beiden Myomtodesfälle ist zweifellos eine Infektion, ausgehend von der Operationswunde im Becken, die nächste Todesursache gewesen. Mit den aseptischen Schutzmaßregeln kann der Tod kaum in Beziehung gebracht werden. Hervorzuheben ist ferner, daß der Tod hier ein schon längst von ihm gezeichnetes Opfer erreicht hat. Denn laut Sektionsbefund handelte es sich um ein so wenig widerstandsfähiges Wesen, daß wohl auch schon geringere Ansprüche an die Widerstandskraft genügt hätten, sie versagen zu lassen.

Nebenbei möchte ich noch erwähnen, daß auch die Todesfälle, die sich sonst (bei Karzinom) ereigneten, ausnahmslos ähnliche Befunde boten, wie die eben besprochene Verstorbene. Sie scheinen mir darauf hinzuweisen, daß wir auch mit bakteriologischen Befunden vorsichtig sein müssen. Fritsch drückte das, was hier gemeint ist, mit den Worten aus: Die Frauen werden septisch weil sie sterben. Das trifft auch für meine Fälle zu. Man darf sich wohl vorstellen, daß bei sehr geschwächten Individuen die mit der Operation als solcher an den Körper gestellten Ansprüche genügen, um ihn aus dem Gleichgewicht und seine Schutzkräfte gegen Bakterien zum Versagen zu bringen. Wir erleben es ja doch nicht so selten, daß solche Kranke (ausgeblutete Myomkranke, Karzinome usw.) schon vor der beabsichtigten Operation sterben durch die Aufregung und die Anstrengungen der Überführung oder allein an der Kachexie.

Es werden unter solchen Verhältnissen ebensogut, wie etwa bei der Operation in die Bauchhöhle hineingebrachte Bakterien, solche aus Mund, Tonsillen, Magendarmkanal usw., eindringen können; jedenfalls ist diese Möglichkeit in Agone gegeben. Selbst unmittelbar post mortem in der Bauchhöhle oder im Blut gefundene Bakterien beweisen daher nicht ohne weiteres eine septische Infektion während der Operation.



Der zweite Todesfall ist leider nicht durch Autopsie geklärt. Die klinischen Erscheinungen ließen aber an der Diagnose Lungenembolie keinen Zweifel. Zweifelhaft dagegen muß es bleiben, ob infektiöse Vorgänge im Becken die Thrombose veranlaßt haben, von der aus die Embolie zustande kam, oder ob die Thrombose nicht infektiöser Natur war. Für das letztere spricht die völlige Fieberlosigkeit, da aber solche auch bei Abszessen und Ähnlichem gelegentlich beobachtet wird, so ist eben nichts bewiesen. Wir müssen also die Frage offen lassen.

Ich bin zwar weit entfernt, die 2 Todesfälle bei Probe-Laparotomie bzw. Myomotomie der Methode des verschärften Wundschutzes zur Last zu legen, aber sie sprechen jedenfalls nicht zu ihren Gunsten. Bei so kleinen Zahlen, wie ich sie zur Verfügung habe, ist mit einer Todesfällestatistik überhaupt sehr wenig anzufangen, auch wenn sie nur ganz gleichartige Fälle betrifft.

Mehr beweisen könnte ein Vergleich der Wundheilungen nach dem Vorgange von Werth und ein Vergleich der Bewegung der Körperwärme nach den Operationen. Auch hier dürfte es sich empfehlen, nur gleichartige Operationen einander gegenüberzustellen und solche Operationen, bei denen in der Bauchhöhle infektiöse Erkrankungen angetroffen wurden, als beweislos auszuschließen. (S. Tabelle.)

Es ergibt sich daraus, daß keineswegs eine Verbesserung der Heilungen durch den sogen. verschärften Schutz erreicht worden ist. Zur Erläuterung der gebrauchten Bezeichnungen möchte ich noch erwähnen, daß ganz reaktionslose Heilungen mit I bezeichnet und leichte Störungen, wie Sekretion aus einem Wundabschnitt, oder Stichkanal, Rötung eines kleinen Teils der Wunde oder umschriebene Hautnekrose an der Naht unter der Rubrik II zusammengefaßt sind. Als III sind Abszesse in der Wunde oder Sekundärheilung bezeichnet.

Wir haben dann in der Vorgummizeit 83 Operationen mit 52 Heilungen ohne jede Störung, 22 leichten und 5 schweren Störungen. In der Gummizeit dagegen 67 Operationen mit 31 ganz glatten Heilungen, 32 leichten und 1 schweren Störung.

Von den schweren Störungen der Vorgummizeit ist nur ein Bauchdeckenabszeß bei einer Myomoperation nicht erklärt. Bei der anderen lag zweimal Relaparotomie wegen Ileus- bzw. Blutungsverdacht vor, in einem weiteren platzte bei Pseudomyxoma peritonei die ganze Wunde und im letzten Falle handelte es sich um ein ganz vorgeschrittenes fieberndes Cervix-Karzinom, bei dem ohne gründliche Vorbereitung wegen akuter Blutung aus dem Karzinom schleunigst per laparotomiam beide Hypogastricae und beide Ovaricae unterbunden werden mußten.

Bei den mit verstärktem Schutz Operierten ist nur eine Bauch-



Wir erhalten folgende Tafel:

Art der Operation		Zahl der Fälle	Schnitt nach Pf.	Längsschnitt	Ohne Angabe	Heilung			Ohne Angabe	Bemerkungen
						I	II	III		
1. Ventrifixur	Vorgummi	21	19	1	1	14	4	1	2	1 Fall sekundär geheilt: Ileus.
	Gummi	21	14	7		7	14	—		
2. Einfache Ovariotomie.	Vorgummi	21	3	18		17	4			
	Gummi	10		10		6	4			
3. Myoma.	Vorgummi	19	6	13		10	8	1		
	Gummi	14		14		8	4		2+	
4. Extrauterin-Gravidität	Vorgummi	5	4	1		4	1			
	Gummi	7	4	3		4	3			
5. Adnex-Operation.	Vorgummi	3	2	1		2		1		bei dem sekundär geheilten Fall Relaparotomie wegen Blutungsverdacht.
	Gummi	3	1	2		3				
6. Bauchhernie.	Vorgummi	6				3	3			
	Gummi	3				1	1	1		Bei der sekundär Geheilten Benetzung d. Verbandes durch Prießnitz.
7. Kompliziert. Ovariotomie.	Vorgummi	5		5		2	1	1		1 sekundäre Heilung bei Pseudomyxom. Wunde klafft.
	Gummi	3		3		1	2			1 der gestörten Heilungen ebenfalls Pseudomyxoma perit.
8. Probelap. ohne Tuberk.	Vorgummi	3		3		1	1	1	1+	Bei der sekundären Heilung fortgeschrittenes Cervix-Karzinom, Unterbindung beider Hypogastricae.
	Gummi	6		6		1	4		1+	

deckeneiterung bei einer Frau mit riesiger Hernie der linea alba und äußerst fetten Bauchdecken beobachtet worden, bei der ein Prießnitzscher Umschlag um den Thorax den Verband durchnäßt hatte. Höchst wahrscheinlich, daß dieser Umstand im Verein mit den sehr ungünstigen Bauchdecken die Ursache der Eitertung war.

Sei dem, wie ihm wolle, soviel steht jedenfalls fest, daß ein günstiger Einfluß des verschärften Wundschutzes keinesfalls zu erkennen ist. Selbst wenn man bei den immerhin kleinen Zahlen dem Zufall eine große Rolle beimessen will, der Unterschied 83:27 Störungen und 67:33 ist doch

zu groß, auch wenn zugegeben wird, daß vielleicht später noch sorgfältiger die Heilungsverhältnisse registriert worden sind, als in der ersten Zeit.

Ich habe, da zunächst nicht einzusehen ist, warum der „verschärfte Schutz", wenn überhaupt, so höchstens einen negativen Einfluß auf die Wundheilung ausgeübt hat, nach anderen Ursachen gesucht und, da die Nahtmethode gleich geblieben ist, das Nahtmaterial im Verdacht gehabt. Dieses haben mir mehrfach gewechselt und zwar Cumol-, Jod-, Quebracho- und schließlich wieder ausschließlich Cumol-Catgut gebraucht. Aber die Zusammenstellung läßt gar keine Wirkung der Fäden erkennen, zumal die Zahlen sehr klein werden, und so will ich sie nicht erst mitteilen.

Ebensowenig wie die Wundheilung läßt der Verlauf der Eigenwärme eine günstige Wirkung des verschärften Wundschutzes erkennen.

Bei den 83 Fällen der Vorgummizeit haben 36 an 119 Tagen mehr als 38° und von diesen 9 an 28 Tagen mehr als 39° gemessen.

Von den 67 der 2. Reihe haben 43 an 121 Tagen mehr als 38° und 5 an 7 Tagen mehr als 39° in der Achselhöhle gemessen.

Die Verwertung des Temperaturablaufs zu Vergleichen unterliegt den allergrößten Bedenken. Bei ganz glatter Heilung kommen gelegentlich Temperatursteigerungen vor und bei ungünstigem Verlauf können sie ganz fehlen. Es können außerhalb des Operationsgebietes liegende Fieberursachen vorhanden sein und vieles andere mehr.

Eine Unterscheidung, in der Art, wie durch Werth geschehen, nach den Ursachen der Temperatursteigerung ist leider nicht so genau durchführbar, da nicht in jedem Falle alle Einzelheiten aufgeschrieben wurden.

Immerhin ist zu erwähnen, daß in der Vorgummizeit 10 Frauen an 31 Tagen 38·1 bis 39° und 3 von diesen Frauen an weiteren 4 Tagen sogar über 39° maßen aus Ursachen außerhalb des Operationsgebietes. Die Ursachen waren Hirnembolien einmal, Darmstörungen 4mal (darunter 1mal Ileus, dessentwegen die Relaparotomie vorgenommen wurde), 5mal Cystitis (1mal dabei gleichzeitig Pyelitis, 1mal Bronchitis, 1mal Bronchopneumonie). Hierzu kommt noch eine Frau mit supravaginaler hoher Amputation wegen Adenomyom, die an einem Stumpfexsudat erkrankte und an 25 Tagen über 38°, an weiteren 4 Tagen sogar über 39° fieberte.

In der späteren Zeit sind die entsprechenden Zahlen 9 Frauen an 35 Tagen über 38° und 4 von diesen an 5 Tagen über 39°. Die Ursachen sind hier Bronchitis 2mal, Pneumonie 1mal, Darmstörungen 2mal, Cystitis 2mal (dabei 1mal gleichzeitig Thrombose), Angina 1mal, Thrombose im Bein 3mal (darunter der oben schon erwähnte Fall). Außerdem stieg bei einer Frau, der wegen Nachblutung aus einem Wundwinkel bei Pfannenstielschem Schnitt eine Tamponade gemacht werden mußte, die Wärme an 4 Tagen über 38°.



Ziehen wir diese Fieberfälle und Tage, so weit sie mit der Operation nicht unmittelbar zu tun haben, von den oben genannten Zahlen ab, so bleiben bei den 83 Frauen der Vorgummizeit 26 übrig, die an 88 Tagen über 38° maßen, von denen 6 an 24 Tagen sogar 39° überschritten.

In der Gummizeit lauten die entsprechenden Zahlen auf 67 Frauen 29 mit Temperaturen über 38° an 86 und 1 an 2 Tagen über 39°.

Für die letzte Gruppe ist aber noch auf etwas anderes hinzuweisen. Von den 67 Operationen sind 39 mit Lumbalanästhesie ausgeführt. Von diesen 39 haben nicht weniger als 36 an 81 Tagen 38° überschritten, 2 davon an 3 Tagen 39°.

Von den übrig bleibenden 38 Laparotomierten hatten 12 an 40 Tagen 38, davon an 5 Tagen 39° überschritten.

Mir scheint danach der Schluß gerechtfertigt, der auch mit fremden Beobachtungen übereinstimmt, daß die Lumbalanästhesie an sich Temperatursteigerungen herbeizuführen imstande ist. Sie müßten natürlich von den sonst vorhandenen Steigerungen abgezogen werden. Da dies nicht möglich ist, so bleibt bloß übrig festzustellen, daß nur ein Teil der Fieberbewegungen auf Rechnung der Operation, ein anderer auf Rechnung der Lumbalanästhesie zu setzen ist. Schätzungsweise dürfte sich dann das Verhältnis der Fieberbewegungen zur Zahl der Operierten bei den Fällen in der Vorgummi- und Gummizeit etwa gleichmäßig verhalten.

Wenn man nach den vorstehenden Ausführungen ein Urteil über die Erfolge des „verschärften Wundschutzes" fällen soll, so kann es höchstens dahin lauten, daß irgendwelche bemerkliche Besserung weder im Gesamtverlauf noch in der Wundheilung noch in den Fieberbewegungen zu verzeichnen ist; nach den bloßen Zahlen könnte höchstens eine Verschlechterung festgestellt werden.

Dies Ergebnis steht in großem Gegensatze zu den Erfahrungen, die Küstner und Werth mit den gleichen Maßnahmen gehabt haben. Wie ist das zu erklären? Folgendes dürfte der Wirklichkeit nahe kommen. Küstners Zahlen, die er in Erweiterung seiner früheren Mitteilungen in dem Referate für die Versammlung der D. G. f. G. in Dresden brachte, lassen sich zum Vergleiche kaum verwerten. Er nimmt nur auf die Todesfälle Rücksicht und verzichtet auf genauere Darstellung der Wundheilung. Diese aber, ebenso wie die Fieberbewegungen nach der Operation dürften wohl noch mehr geeignet sein, Unterschiede zu zeigen und aufzudecken. Die von Küstner gegebene genaue Darstellung der Todesursachen ist dafür ein Ersatz, der aber doch Vergleiche nicht zuläßt, zumal die Art des Materials in der Zeit der Versuche ganz außerordentlich sich geändert hat. Ähnliches ist ja auch in meinen Reihen, die viel



kleiner sind und sich über kleinere Zeiträume (im ganzen 3 Jahre) ausdehnen, festzustellen.

Ganz anders liegt die Sache bei Werth. Er hat viel genauer, als ich imstande war, den Verlauf der Wundheilung und die Körperwärme seiner Operierten dargestellt. Dabei dieser große Unterschied in der Wundheilung. Werth hat unter 160 Laparotomien ausnahmslos eine primäre Wundheilung erreicht, aber 69 mal leichte Störungen beobachtet, wobei die Tuberkulosen eingeschlossen sind. Bei meinen 67 Laparotomien aus der Gummizeit (ohne Tuberkulosen und sonstige Operationen mit infektionsverdächtigem Inhalt der Bauchhöhle) ist eine sekundäre Heilung, die freilich wahrscheinlich nicht von der Operation aus, sondern durch nachträgliche Infektion der Bauchwunde entstanden ist, und 32 leichten Störungen der Heilung gegen 31 absolut reizlose Heilungen. Das ist ein etwas schlechteres Verhältnis der Operationen zu den Störungen, als Werth es beobachtet hat, aber wohl nicht besonders in die Augen springend.

Was mir aber besonders wichtig erscheint, sind weniger die absoluten Zahlen, als das Verhältnis der glatten Heilungen zu den Operationen mit und ohne Gummischutz. Der läßt sich eben nur feststellen, daß eine Besserung, wie sie Werth für seine Operationen feststellen konnte, für die meinigen nicht eingetreten ist, im Gegenteil.

Die relative Häufigkeit der Wundstörungen hat mir zuerst den Gedanken wachgerufen, es könnten doch Infektionen die Ursache sein, die etwa durch mangelhafte Sterilisierung der Gummitücher und Gummihandschuhe hervorgerufen wäre. Daraufhin angestellte Proben haben aber die Keimfreiheit aller dieser Dinge ergeben. Es muß also, da die Desinfektion der Hände gleich geblieben und gewissenhaft auf die „Noninfektion" der Hände des Operateurs, der Assistenten und der Schwestern gesehen wurde, nach anderen Ursachen gesucht werden.

Und damit komme ich zu dem wichtigsten Punkt der Auseinandersetzung. Ich habe die Überzeugung gewonnen, daß unsere Asepsis eine Ausbildung erlangt hat, die durch weitere Verbesserungen nicht mehr wesentlich verbesserte Erfolge zu gewähren vermag. Für unseren Fall: die etwa durch den „Gummischutz" noch ferngehaltenen Keime hätten eine wesentliche Störung der Wundheilung nicht bewirkt. Die mit dem Annähen oder Anklammern des Gummituches an die Bauchhaut unvermeidlich verbundenen Schädigungen der Gewebe sind jedenfalls von höherer Bedeutung für die Heilung; sie vermögen Störungen zu verursachen, die durch die Verringerung der Keimzahl, wie wir sie vielleicht mit dem Gummischutz zu erreichen vermögen, nicht ausgeglichen werden können.

Die oben geschilderte Desinfektionsmethode von Händen und Bauchdecken, wie wir sie zu üben pflegen, leistet ganz Ausgezeichnetes. Hat



doch Ahlfeld nachgewiesen, daß Katgutfäden, die mehrfach durch die Finger gezogen werden, die während selbst lange dauernden Operationen mit dem Gummihandschuh bedeckt waren, Keime von der Haut nicht mitzunehmen vermochten. Da wir streng die Noninfektion im Sinne Krönigs durchführen, d. h. Untersuchungen und Verbandwechsel stets nur mit durch Gummihandschuhe geschützten Händen vornehmen, die Berührung verdächtiger Kranker oder Sekrete usw. streng vermeiden, so ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß irgendwie gefährliche Keime von Operateur, Assistenten und Schwester nicht in die Wunden eingebracht wurden. Und auf infektiöse Bakterien kommt es an.

Wenn wir nun noch einmal Werths Erfolge, die er mit dem Gummischutz erzielte, und meine Ergebnisse vergleichen, so wird man feststellen können, daß in der Ausführung des Gummischutzes die Unterschiede in den Erfolgen begründet liegen. Werth näht oder klemmt das Gummituch direkt an das Peritonenum und schützt das Gewebe der Bauchwunde noch durch untergelegte Gaze.

Bei uns wurde nach Küstners Vorschrift das Gummituch an die Haut angenäht bezw. geklemmt. Werth resezierte dann noch das eventuell geschädigte Peritoneum, während bei uns der zur Befestigung des Gummituches benutzte Hautrand auch wieder zur Hautnaht diente.

Wenn wir, wie wohl zulässig, annehmen, daß bei beiden Verfahren die Keimzahl, die in die Wunde hineingelangte, die gleiche war, dann ist es nach den oben angeführten Gesichtspunkten verständlich, daß bei Werth die Wundheilung sich noch besser gestaltete, als bei uns.

Die Probe habe ich bei den Operationen gemacht, die ich mit Döderleins Gaudanin vorgenommen habe. Ich habe dabei die subkutane Nahtmethode nach Pozzi angewandt und nur an den Enden der Wunde eine Knopfnaht zur Sicherung des Fadens angelegt. Ausnahmslos ist in allen Fällen (etwa 25 Laparotomien) glatte völlig ungestörte Heilung eingetreten, die Wunde sah nach Werths Ausdruck aus, als ob an der Leiche genäht sei. Nur an den Stellen der Knopfnähte war zuweilen die Haut nekrotisch. Man könnte und wird einwenden, dieser Erfolg sei auf das Gaudamin zurückzuführen. Dem kann ich aber meine Privatoperationen entgegenhalten, bei denen — genauere Angaben sind mir leider wegen der Ungenauigkeit der Protokolle nicht möglich — nach meiner Erinnerung eine Störung der Wundheilung nicht beobachtet wurde, trotzdem ich niemals den Gummischutz oder Gaudanin dabei benutzt habe.

Das heißt also, daß die Technik, die möglichst jede Schädigung der Gewebe, insbesondere des empfindlichen Fettes vermeidet, weit größeren Einfluß auf die Wundheilung besitzt, als die Fernhaltung von Bakterien, soweit nicht infektiöse Keime in Frage kommen.



Diese Erkenntnis ist praktisch außerordentlich wichtig, weist sie doch darauf hin, daß nicht die Asepsis allein das Heil der Kranken gewährleistet, sondern daß noch andere Dinge hinzukommen müssen. Das ist zwar niemals ganz verkannt worden. Ältere Operateure, wie Olshausen, Fritsch u. a. haben das oft betont. Aber ein Überblick über die Veröffentlichungen der letzten beiden Jahrzehnte läßt doch ein solches Überwiegen der auf keimfreies oder möglichst keimarmes Operieren gerichteten Bestrebungen erkennen, daß obige Behauptung als im allgemeinen gerechtfertigt anerkannt werden muß.

Die Reaktion darauf ist augenblicklich unter den Gynäkologen sehr ausgebreitet, wie die Verhandlungen der Dresdener Versammlung der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie gezeigt haben. Ich glaubte, mich auf allgemeinen Widerspruch gegen obige für diese Versammlung als Vortrag bestimmte Ausführungen gefaßt machen zu müssen, und war um so mehr erstaunt, als vielfach ganz ähnliche Ansichten zutage traten.

Am schärfsten hat wohl Krönig den Standpunkt gekennzeichnet mit der Äußerung: Ziehen Sie die Gummihandsche aus bei der Operation und an nach der Operation. Ganz ähnlich drückt sich Kocher in der letzten Auflage seiner Operationslehre aus.

Diese absichtlich zugespitzten Ausdrücke sind natürlich dahin zu deuten, daß die „Noninfektion" (Krönig) wichtiger ist, als noch so weit getriebene „Asepsis" während der Operation.

Es wäre nun aber falsch, wollte man nun das Kind mit dem Bade ausschütten und auf alle die Schutzmaßregeln, die sich allmählich immer mehr vervollkommnet haben, verzichten. Das könnte sich doch gelegentlich unliebsam rächen. In der Theorie läßt sich die „Noninfektion" wohl ganz durchführen, in der Praxis wohl kaum. Man dürfte z. B. dann ja niemandem die Hand geben. Schließlich können aber, uns unbemerkt, gefährliche Keime in der Hand des Kranken oder sonstwo sich finden. Nur wenn wir möglichst alle Keime fernhalten, werden wir auch solche — wie ich gern zugebe, nur selten zu treffenden — gefährlichen Keime von der Wunde abhalten und können also keinen Schaden stiften. Wenn wir unter Tausenden nur einen Menschen dadurch vor Schaden bewahren, so ist alle die Mühe und Unbequemlichkeit, welche die aseptischen Maßnahmen verursachen, reichlich bezahlt.

Ganz so einfach liegt nun aber die Sache doch nicht. Die Unbequemlichkeiten bewirken längere Dauer der Operation und erschweren wegen Beeinträchtigung des Tastgefühls auch manche Maßnahmen. Es wird darauf ankommen, wie weit sich hiergegen Abhilfe schaffen läßt. In dieser Richtung liegt meines Erachtens der Hauptvorteil des von Döderlein erfundenen Gaudanins. Sehr zu hoffen wäre, daß

in ähnlicher Weise auch die Hände mit einem sterilen Überzug versehen werden könnten. Hoffentlich hält die von Wederhake in Wiederholung älterer amerikanischer und anderer Vorschläge empfohlene Gummilösung das, was der Autor verspricht. Dann wären auch die Nachteile des Gummihandschuhs beseitigt, die ganz besonders dann in Erscheinung treten können, wenn man nach Franz' Vorschlag noch Zwirnhandschuhe darüber anzieht. Ich hatte nach zahlreichen Operationen, die ohne Störung in dieser Weise ausgeführt waren, die Empfindung, daß durch diesen doppelten Überzug der Hände das Tastgefühl nicht beeinträchtigt sei, bis mich eine unabsichtigte Blasenverletzung eines anderen belehrte. Hier also sind weitere Verbesserungen durchaus wünschenswert.

Wie oben erwähnt, ist von diesen Dingen ein großer Fortschritt in unseren operativen Erfolgen nicht mehr zu erwarten. Das Hauptgewicht wird auf anderweitige Maßnahmen zu legen sein, die auf Erhaltung und Erhöhung der Körperkräfte und demgemäß die Widerstandsfähigkeit gegen die nun einmal mit der Operation verbundenen Schädlichkeiten sowie auf möglichste Verringerung dieser Schädlichkeiten selbst abzielen.

In diesen Beziehungen bin ich leider nicht imstande, bestimmte Zahlen anzuführen, ich muß hier mehr auf die allgemeinen Eindrücke mich stützen, die ich im Laufe meiner operativen Tätigkeit gewonnen habe.

Da wäre zunächst die Methode der Schmerzausschaltung zu erwähnen. Bei nicht zu langer Dauer der Operation dürfte die Allgemeinnarkose, insbesondere mit Äther allen Anforderungen genügen, insbesondere wenn man durch die Art der Verabreichung des Äthers und durch vor der Operation gegebenes Skopolamin die Gefahr der Ätherpneumonie verringert oder beseitigt. Bei länger dauernden Operationen jedoch, insbesondere den eingreifenden abdominalen Karzinomperationen überschreitet die Giftwirkung des eingeatmeten Äthers, noch mehr des Chloroforms bei aller Vorsicht oft das Maß dessen, was die betreffende Kranke zu ertragen vermag. Hier hat die Biersche Lumbalanästhesie, für die wir Novocain in Dosen von 0·1 bis 0·15 benutzen, sich hervorragend bewährt, ganz besonders, wenn nach Krönigs Vorschlag Injektionen von Skopolaminmorphium vorausgeschickt werden.[1] Der Unterschied in dem Befinden der Kranken nach Operation in Allgemeinnarkose und mit Lumbalanästhesie spricht so gewaltig zugunsten der letzteren, daß wir sie nicht mehr missen möchten. Dabei sind die so gefürchteten Neben- und Nachwirkungen dieses Verfahrens bei uns so gering, daß auch in dieser Hinsicht das Verfahren getrost den Vergleich mit der Allgemeinnarkose aushalten kann. Wir glauben es auch in erster Reihe der Lumbalanästhesie verdanken zu

[1] Unsere Erfahrungen mit den ersten 120 Fällen sind in der J. D. von Hellner, Marburg 1907, niedergelegt.



müssen, wenn die letzten sehr eingreifenden Karzinomoperationen glücklich für die Kranken verlaufen sind.

Von weniger großer Wichtigkeit ist es, eine starke Abkühlung der Kranken während der Operation zu vermeiden. Man kann das auf verschiedene Weise erreichen. Wir haben bisher keine andere Wahl gehabt, als den Operationsraum stark zu heizen, was natürlich für alle bei der Operation aktiv Beteiligten seine sehr großen Übelstände hat. Viel besser sind heizbare Tische, die, sobald die Möglichkeit vorliegt, auch bei uns eingeführt werden sollen. Jedenfalls werden durch reichliche Wärmezufuhr während der Operation die Kranken vor den immerhin nicht zu vernachlässigenden Gefahren einer starken Abkühlung geschützt.

Über die Gefahren einer steilen Beckenhochlagerung kann ich kein eigenes Urteil abgeben, wir haben nichts in der Richtung bemerkt. Wenigstens, wenn man von der Beobachtung absieht, daß bei Herstellung der Flachlagerung bei Lumbalanästhesie häufig Erbrechen eintritt, das aber bei wiederhergestellter Beckenhochlagerung sofort wieder verschwindet.

Über die große Bedeutung einer guten Technik und sorgfältigen Blutstillung brauche ich mich nicht zu verbreiten. Es besteht völlige Übereinstimmung darin, daß schnelles Operieren, sorgfältige Peritonisierung aller in der Bauchhöhle gelegenen Wundflächen, peinliche Blutstillung, Vermeidung mechanischer Schädigungen und des Austrocknens von Peritoneum und Wunden, sorgfältige Abgrenzung des Operationsgebietes durch Tücher, Vermeidung unnützen Umherfassens in der Bauchhöhle u. s. f., für den guten Erfolg der Operationen fast die gleiche Wichtigkeit besitzen, wie eine gute Asepsis. Bei uns ist das, wie auch anderwärts darin zum Ausdruck gekommen, daß die Erfolge der von Assistenten ausgeführten Operationen doch häufig viel zu wünschen übrig ließen.

Weniger allgemein ist die Übereinstimmung in bezug auf die Vorbereitung der Kranken zur Operation. Werth z. B. verzichtet auf jedes energische Abführen vor der Operation (ebenso auf den Gebrauch von Narkoticis danach), Kocher verlangt, daß das Abführen wenigstens zwei Tage vor der Operation stattfinde, die meisten Operateure aber halten eine gründliche Entleerung des Darmes unmittelbar vor der Laparotomie für unbedingt erforderlich.

Die bekannte Tatsache, daß Durchfälle, einerlei ob von selbst entstanden oder künstlich herbeigeführt, eine große Schwächung des Körpers bewirken, hat mich veranlaßt, seit langem auf jedes stärkere Abführen vor Laparotomien zu verzichten. Für Werth war die Schwächung der Peristaltik durch Abführmittel, für Kocher die Vermehrung der Darmbakterien während einer Diarrhöe zu ihrem Verhalten maßgebend.

Bei uns erhalten die Kranken am Abend vor und am Morgen der



Operation nur je einen hohen Einlauf und werden in ihrer Nahrungsaufnahme nur insoweit beschränkt, als viel Kot liefernde und blähende Nahrungsmittel verboten sind. Selbst das Frühstück am Operationstage wird nicht entzogen, wenn die Lumbalanästhesie gebraucht wird. So kommen die Kranken ungeschwächt und nicht ausgehungert auf den Operationstisch. Ich habe den Eindruck, daß der beabsichtigte Zweck auch wirklich erreicht wird. Trotzdem wir freigebig mit Morphium am Tage der Operation und am ersten danach sind, pflegt die Peristaltik sich ohne Nachhilfe manchmal schon am Operationstage, sicher am Tage danach einzustellen.

Freilich pflegen die ersten peristaltischen Bewegungen schmerzhaft zu sein, aber Auftrommelung des Leibes und ähnliche beängstigende Symptome bekommen wir kaum noch zu sehen. Wir pflegen, um das hier gleich vorweg zu nehmen, zur Erleichterung der Entleerung von Flatus ein Glyzerinklystier am zweiten Tage mittags, abends einen Einlauf von Kamillentee zu geben. Am dritten Tage erhalten die Kranken nüchtern ein Abführmittel, meist Rizinusöl. Physostigmin ist fast niemals anzuwenden Veranlassung gewesen und das, trotzdem wir regelmäßig an den ersten beiden Tagen Morphium geben.

Die aseptischen Vorbereitungen der Kranken sind oben erwähnt, ebenso ist schon die Frage des Nahtmaterials kurz gestreift. Ich möchte hier nur kurz erwähnen, daß wir keine Veranlassung haben, vom Catgut abzugehen, soweit Laparotomien in Frage kommen. Für Dammnähte freilich empfiehlt sich mehr ein nicht resorbierbares Nahtmaterial; wir benutzen Silkwormfäden, die am 16. bis 18. Tage wieder entfernt werden.

Es erübrigt nun noch, kurz die Nachbehandlung der Laparotomierten zu besprechen.

Die lange Bettruhe im Verein mit den durch die Operation ev. durch die Krankheit, die eine Operation nötig machte, verursachten Schwächungen insbesondere des Herzens bedingt gewisse Gefahren, vor allen Dingen die der Thrombosen und Pneumonien. Erst ganz seit kurzem habe ich nach dem Vorgange Witzels, Landaus und Krönigs es gewagt, Laparotomierte früher als an dem 12. bis 14. Tage aufstehen zu lassen, darüber sind aber meine Erfahrungen noch sehr gering, und können hier nicht in Betracht kommen. Vorher war es, von Ausnahmefällen abgesehen, bei glattem Verlauf die Regel, die Kranken bis zum 12. Tage fest auf dem Rücken liegen zu lassen. Am 12. Liegen auf der Seite, am 13. Aufsitzen, am 14. Aufstehen, natürlich mit — geringen — Verschiebungen nach oben und unten je nach Alter und Kräftezustand der Kranken und Art der Operation.

Dies Verfahren bezweckt, eine feste Vernarbung der Bauchwunde zu erreichen, ehe durch Bewegungen Ansprüche an ihre Haltbarkeit gestellt werden, es hat aber den Nachteil, Thrombosen zu begünstigen.



Um dieses einigermaßen zu beheben, erhalten Kranke mit geschwächtem Herzen schon vor der Operation und die erste Zeit danach Digalen. Sowie ein Ansteigen der Pulszahl bemerkbar wurde (Kletterpuls. Mahler), haben wir selbstverständlich auch im weiteren Verlauf ausgiebigen Gebrauch von Digitalispräparaten gemacht. Ferner wurden alle Kranken angehalten, die Beine so bald wie möglich anzuziehen und auszustrecken und dies recht häufig zu wiederholen. Gelegentlich wird auch leichte Massage der Beine und Arme verordnet.

Eine zweite, noch wichtigere Verhaltungsmaßregel besteht in der ausgiebigen Anwendung einer Art Atemgymnastik. Die Kranken, besonders ältere Frauen, wurden angewiesen, etwa fünf- bis achtmal am Tage zehn Atemzüge mit angestrengtester Ein- und Ausatmung zu machen. Wir versprechen uns davon eine kräftige Anregung des Blutkreislaufs und zugleich eine gründliche Lüftung der Lunge auch in ihren gewöhnlich ruhenden Teilen.

Wie hoch der Erfolg dieser Anordnungen anzuschlagen ist, läßt sich mit Bezug auf Thrombosen nicht sagen. Wir haben trotzdem eine Kranke an Lungenembolie verloren und öfter Thrombosen kleinerer variköser Gefäße am Unterschenkel, auch Thrombosen der Femoralis erlebt, die aber bis auf den erwähnten Fall von Lungenembolie ohne dauernden Schaden vorübergegangen sind.

Soweit die Gefahr der hypostatischen Pneumonie in Frage kommt, können wir wohl von einem vollen Erfolg sprechen, indem diese nicht beobachtet wurde. Freilich sind katarrhalische Pneumonien geringeren und einmal größeren Umfangs uns nach Äthernarkosen nicht ganz erspart geblieben. Sie haben aber bis auf einen nicht ganz geklärten Fall von Pneumonie nach Kaiserschnitt, der nach wenigen Tagen tödlich endete, keinen Schaden gestiftet.

Nicht ganz unwichtig sind Maßregeln zur Hebung des Befindens der Kranken bald nach der Operation. Seit Einführung der Lumbalanästhesie macht die Zuführung von Flüssigkeit und Nahrungsmitteln per os schon am Operationstage geringe Schwierigkeiten. Immerhin ist es auch da, noch mehr nach Narkosen, zweckmäßig, für reichliche Flüssigkeitszufuhr zu sorgen. Wir bedienen uns dazu der Einläufe von Kochsalzwasser in reichlichem Maße, wodurch schnell die narkotischen Gifte aus dem Körper ausgespült werden. Nur selten brauchten wir subkutane Kochsalzinfusionen.

Es ist ganz augenfällig, wie nicht nur der quälende Durst verschwindet sondern auch der Tonus der Kranken sich nach den Kochsalzeinläufen hebt. Die nicht selten, auch nach Lumbalanästhesie zu beobachtende Anazidität und Atonie des Magens scheint danach seltener und weniger



lang dauernd zu werden. Wir bekämpfen sie, meist mit schnellem Erfolge, mit Kondurangomacerat, dem Salzsäure, nach Bedarf auch Extract. Strychni zugesetzt wird.

Zum Schluß möchte ich noch auf eine Tatsache hinweisen, die meines Wissens noch nirgends hervorgehoben ist, die vielleicht bei weiterer Aufklärung imstande sein könnte, Fingerzeige für weitergehende Verbesserungen unserer operativen Erfolge zu geben. Wir haben die Beobachtung gemacht, daß auffallend viele Kranke vor der Operation Erhöhung der Eigenwärme über 37°, in der Achsel gemessen, zeigten, ohne daß doch das Leiden, dessentwegen die Kranken unsere Hilfe nachsuchten, eine Erklärung dafür gegeben hätte. Sehen wir ab von Karzinomen, Extrauteringraviditäten, Ovarialtumoren, bei denen ja auch aseptische Tumorverhältnisse gelegentlich Fieber veranlassen, wie z. B. Stieldrehung eines Ovarialtumors, so bleiben Bauchhernien, Myome, Retroflexionen übrig, die an sich nicht Fieberbewegungen veranlassen können. Da finden wir nun, daß unter 33 Myomkranken 21 vor der Operation zwischen 37·1 und 38·0 maßen, unter 42 Retroflexionen 30 zwischen 37·1 und 38·0, unter 9 Bauchbrüchen 5 zwischen 37·1 und 37·3. Der Erklärung von Strassmann, daß es sich dabei um Folgen der Aufregung handle, kann ich mich so ohne weiteres nicht anschließen. Untersuchungen, die zur Aufklärung dieser Erscheinung angestellt sind, konnten noch nicht abgeschlossen werden. Die nicht selten gefundene Leukocytose macht aber doch die Annahme irgendwelcher infektiöser Vorgänge wahrscheinlich, an die man bis dahin nicht gedacht hat. Hoffen wir, daß die weitere Untersuchung sichere Aufschlüsse über Natur und Bedeutung dieser leichten Fieberbewegungen gibt.

Die vorstehenden Ausführungen können und wollen nicht einen vollständigen Bericht über die „Hygiene" der gynäkologischen Laparotomien geben, selbst nicht über alles, was wir in dieser Richtung üben. Sie stellen nur eine Art Rechenschaftsablegung über den Wert oder Unwert der an unserer Klinik üblichen Maßnahmen zum Schutze der Operierten dar. Sie sollen die Grundlage bilden für weiteres, hoffentlich erfolgreiches Arbeiten auf diesem Gebiete.

Auf umfängliche Literaturangaben glaubte ich verzichten zu sollen, um das Beiwerk nicht zu sehr überwuchern zu lassen. Ausführliche Literaturangaben finden sich bei Franz in der zweiten Auflage des Veitschen Handbuches der Gynäkologie, bei Cohn, Monatsschrift für Geb. u. Gyn. 1907, Mai, und in den Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie im Mai 1907, eine sehr eingehende Besprechung alles Hierhergehörigen in Döderlein und Krönig, Operative Gynäkologie, 22. Auflage und in Kochers Operationslehre, 5. Auflage.



[Aus dem hygien.-bakteriolog. Institut der Universität Erlangen.]

Leistungsgrenzen, deren Messung und Erweiterung.

Von

Privatdozent Dr. **Wolfgang Weichardt.**

Als die Immunitätsforschung sich mehr und mehr zu entwickeln begann, waren naturgemäß gewisse Grundvorstellungen noch wenig geklärt. Besonders die damaligen Ansichten über die Ursachen des rätselhaften Verschwindens eingeschleppter pathogener Mikroorganismen im menschlichen Körper sind als unzureichend erkannt worden:

So die besonders von Pasteur aufgestellte Hypothese, daß die Mikroorganismen bei ihrem Wachstum im Körper die ihnen notwendigen Nährstoffe verbrauchen, so daß dann die Krankheitserreger aus Nahrungsmangel im Organismus nicht weiter wuchern und sich nicht mehr vermehren können; ferner die Vorstellung anderer Autoren, daß die beim Wachstum der Mikroorganismen sich anhäufenden Stoffwechselprodukte das Weiterwuchern der Krankheitserreger verhindern.

Flügge[1] namentlich und seine Schüler haben durch exakte Untersuchungen festgestellt, daß keine dieser Hypothesen zutreffen kann.

Auf diesen und zahlreichen grundlegenden Arbeiten vieler anderer Forscher konnte sich dann die Immunitätslehre in sicherer Bahn entwickeln und zu dem mächtigen Zweige der Hygiene auswachsen, der nun auch für die Praxis reiche Früchte trägt.

Besonders ist es ja die außerordentliche Verfeinerung der diagnostischen Methoden, welche die moderne Immunitätslehre in den Stand setzt,

[1] *Diese Zeitschrift.* Bd. IV. S. 229.



morphologische, auf das exakteste bestimmte Merkmale zu ergänzen, und die Bekämpfung der Seuchen, sowie deren Prophylaxe mit Erfolg zu unterstützen.

Weniger glänzend waren freilich die therapeutischen Erfolge der Immunitätsforschung gegen die großen Volksseuchen[1]; so scheint es wenigstens einem jeden, welchem als Maßstab für einen solchen Erfolg die glänzenden Resultate der passiven Immunisierung gegen die Diphtherie vorschweben. Hatte es doch geradezu den Anschein, als ob der Weg rein passiver Immunisierung bei manchen Infektionen vollkommen versage.

Demgegenüber ist zweifellos die Methode der aktiven Immunisierung recht wesentlich erweitert und für die Praxis wirkungsvoller gestaltet worden. Das alte Jennersche Prinzip der Immunisierung bricht sich immer und immer wieder Bahn und wird, gestützt durch die grundlegenden Methoden der Bakteriologie und Immunitätsforschung, mehr und mehr für Theorie und Praxis gleich bedeutungsvoll.

Werden doch durch die aktive, also durch die das Individuum zum Selbstschutz anregende Immunisierung bei weitem die wirksamsten und vorteilhaftesten Schutzmittel, soweit Stärke und Verteilung in Frage kommen, erzielt. Deshalb greift man mit Recht stets auf die aktive Immunisierung zurück, wenn langdauernder und wirksamer Schutz vonnöten ist gegen Infektionen, bei denen die Verhältnisse nicht so günstig liegen wie bei der Diphtherie.

Zweifellos ist die aktive Immunisierung eine physiologische Zellfunktion. Der Beweis hierfür ist leicht zu erbringen mittels des reinen aus Eiweiß hergestellten Antigens von Ermüdungstoxincharakter. Es hatte sich herausgestellt[2], daß bei chemischer Erschütterung von Eiweiß in Temperaturen von 40° und darunter, nach fraktionierter Ausfällung der indifferenten Eiweiße und nach Entfernung dialysabler Bestandteile, ein wohl charakterisiertes Toxin zurückbleibt, welches im hohen Vakuum konzentriert werden kann, und, Versuchstieren injiziert, bei letzteren Ermüdungserscheinungen bis zum Sopor, dabei Verminderung der Körperwärme, sowie Verlangsamung der Atmung herbeiführt. Die Wirkung dieses Toxins kann bei Kontrolltieren durch vorheriges Einverleiben eines spezifischen Antikörpers vollkommen aufgehoben werden.[3]

Ein gleich wirkendes und durch denselben Antikörper ebenso beeinflußbares Toxin war von mir früher schon aus dem Muskelpreßsaft übermüdeter Tiere nach Ausfällen der indifferenten Eiweiße und Entfernen dialysabler Bestandteile gewonnen worden.

[1] *Jahresbericht über die Leistungen der Immunitätsforschung.* Stuttgart. Ferd. Enke.

[2] *Serologische Studien auf dem Gebiete der experim. Therapie.* Stuttgart 1906.

[3] *Centralblatt für Bakteriologie.* Bd. XLIII. S. 312.



Der für das Toxin spezifische Antikörper ließ sich durch wiederholte Injektion des Toxins bei Pferden allerdings nur bis zu einem gewissen Grade in deren Serum anhäufen. Später gelang mir indessen die Herstellung eines gleich wirkenden Antikörpers auch in vitro, und zwar mittels chemischer Erschütterung von Eiweiß bei Siedehitze. Dieser Antikörper ist dialysabel und acetonlöslich.

Es galt nun zunächst, exakte Maßmethoden für die neu gefundenen Substanzen festzustellen.

Vorerst wurde die Dosis letalis des Toxins ins Auge gefaßt. Es zeigte sich, daß unser, ich möchte sagen, physiologisches Toxin in bezug auf die Dosis letalis sich wesentlich anders verhält als die Giftgemische pathogener Organismen. Erst nach Injektion sehr hoher Dosen tritt, und zwar infolge von Verlangsamung, bzw. Stillstand der Atmung — nach enormem Herabgehen der Körpertemperatur — der Tod der Versuchstiere ein, während deren Herz noch eine Zeitlang weiter schlägt. Die Wirkungen selbst sehr hoher tödlicher Dosen reinen Eiweißabspaltungsantigens von Ermüdungstoxincharakter können, wie schon erwähnt, durch vorheriges Einverleiben geringer Mengen des spezifischen Antikörpers aufgehoben werden.

Der Ausdruck hochgradiger Zellschädigung nach Injektion hoher Dosen dieses Antigens läßt sich graphisch mittels Gastroknemiuszuckungskurven von Mäusen feststellen.

Von der an anderem Orte des genaueren beschriebenen Methodik möge hier, als für vorliegendes Thema nicht unwichtig, folgendes hervorgehoben werden:

Befestigt man die eine Elektrode mittels Klemme an die Unterlippe der Maus und die andere rechts und links der Wirbelsäule, so daß der betreffende Ischiadikus vom Strome sicher getroffen wird, so fallen bei maximaler Reizung und bei ganz gleich großen und gleich gehaltenen Mäusen die Kurven, wie ich mich durch sehr zahlreiche Versuche überzeugen konnte, gleichsinnig aus. Es sinkt die Kurvenlinie, welche die Spitzen der durch kurzdauernde Tetani hervorgerufenen Zuckungshöhen verbindet, nach und nach bis zur Abszisse. Ganz anders bei Mäusen, deren antitoxinbildende Zellen durch hohe Dosen Eiweißabspaltungsantigens von Ermüdungstoxincharakter geschädigt sind: Hier gelangt diese Kurvenlinie schon nach wenigen Zuckungeu zur Abszisse. (Fig. 1 *a* u. *b*.)

Derartige Ermüdungskurven, durch hohe Dosen des reinen Toxins veranlaßt, sind daher sehr charakteristisch.

Was die sichtbaren Ermüdungswirkungen an so behandelten Tieren anbelangt, so sind dieselben ebenfalls sehr in die Augen fallend. Schon



nach relativ kurzer Latenzzeit tritt Ermüdung ein, und man vermag die vor der Injektion lebhaften und frischen Mäuse leicht in freie Rückenlage zu bringen, in der sie minutenlang verharren. Nach und nach verlangsamt sich ihre Atmung bis auf 120 und weniger in der Minute, die Körperwärme fällt bis 32° und darunter, die Mäuse zeigen dann das Bild großer Hinfälligkeit, sie sind soporös.

Die diesen charakteristischen Zustand veranlassende Dosis des reinen Toxins ist nicht immer tödlich. Nach 10 bis 12 Stunden erholen sich vielmehr einzelne der Tiere und bieten dann mehr und mehr die später zu beschreibenden Merkmale der aktiven Immunisierung.



Fig. 1*a*. Normalkurve einer Maus.[1]



Fig. 1*b*.
Toxinkurve einer gleichgroßen Maus unter gleichen Bedingungen geschrieben.

Andere gleich große und gleich frische Mäuse, denen $^1/_4$ Stunde vor der subkutanen Injektion der gleich großen Menge Reintoxins Antitoxin gefüttert worden ist, verhalten sich ganz anders. Sie verlieren auch nach der Toxininjektion kaum an Frische und Munterkeit. Man vermag sie also nicht in freie Rückenlage zu bringen. Ihre Körperwärme fällt höchstens um $^1/_2$ bis 1°, und von Verlangsamung der Atmung ist nichts bei ihnen zu bemerken. Die Wirkung der angewendeten Toxindosis ist also vollkommen aufgehoben.[1]

Wenn man Mäusen nicht große, die antitoxinbildenden Zellen schädigende Mengen des Eiweißabspaltungsantigens von Ermüdungstoxincharakter, sondern nur mäßige Dosen desselben injiziert, so lassen die von so inji-

[1] Technik siehe *Serol. Studien a. d. Gebiete der exper. Therapie.* Ferd. Enke, Stuttgart 1906.

zierten Tieren genommenen Kymographionkurven nach einer gewissen Latenzzeit eine deutliche Vermehrung der Leistungsfähigkeit erkennen. Es sinkt die Kurvenlinie, welche die Spitzen der durch kurzdauernde tetani hervorgerufenen Zuckungshöhen verbindet, nicht nach Art der Normalkurve, sondern allmählicher herab.

Messung der Leistungsgrenzen.

Lang fortgesetzte Prüfungen haben ergeben, daß unser Antikörper eine relativ große Stabilität besitzt. Daher wurde eine Einheit dieses Antikörpers der Messung zugrunde gelegt, und zwar war 1/10 mg eines zur Verfügung stehenden Präparates imstande, die einfache Ermüdungswirkung des Reintoxins bei einer Maus so, wie kurz vorher beschrieben worden ist, abzusättigen. Diese Einheit wurde *e* genannt.

Es stellte sich im Laufe der Zeit heraus, daß es möglich ist, den Antikörper, da er ja leicht dialysiert und sich in Aceton löst, in unseren Präparaten wesentlich anzureichern. Zurzeit stehen uns schon Präparate von 20000 *e* zur Verfügung.

Leider ist die Ausbeute bei Herstellung derartiger Reinpräparate eine noch immer recht geringe, so daß es zu Einzelversuchen mit größeren Tieren leicht an Material gebricht.

Nachdem also mittels der Kymographionkurven hatte nachgewiesen werden können, daß die Leistungsfähigkeit der Versuchstiere nach Einführung erheblicher Quantitäten Eiweißabspaltungsantigens von Ermüdungstoxincharakter herabgemindert, nach Injektion mäßiger Dosen desselben nach einer gewissen Latenzzeit erheblich erhöht wird, lag es nahe, ähnliche Nachweise auch mittels des Ergographen am Menschen vorzunehmen. Allerdings hat die Verwendung des Ergographen in neuerer Zeit die verschiedenste, z. T. absprechende Beurteilung gefunden. Selbstredend sind auch so wissenschaftlich exakte Resultate, wie vom Tierexperiment, mittels des Ergographen am Menschen nicht zu erzielen.

So konnten z. B. zur Erzeugung der Gastroknemiuszuckungen bei Mäusen für die Kymographionkurven streng dosierbare physikalische Faktoren: Stromstärke und Stromart in Anwendung gezogen werden. Ferner vermochte man durch hohe Toxindosen die antitoxinbildenden Zellen zu schädigen. Alles das ist natürlich bei Versuchen am Menschen absolut nicht angängig. Daher haben die von Mäusen erhaltenen Kymographionkurven stets weit charakteristischere Ausschläge als die Ergographenkurven von Versuchspersonen, bei welchen lesteren störende Übergangswerte nur zu leicht mit unterlaufen.



Immerhin können bei strengster Berücksichtigung verschiedener Kautelen nach meinen Erfahrungen auch im Laboratorium am Ergographen noch befriedigende, eindeutige Resultate erzielt werden.

Der erste, ganz besonders beachtenswerte Punkt, dessen Vernachlässigung den Ergographen als Ermüdungsmaßinstrument für die Praxis, z. B. bei schulhygienischen Untersuchungen, ganz diskreditiert hat, ist besonders der Umstand, daß, wenn die Anzahl von Versuchspersonen eine große ist, vollkommenes Training derselben praktisch sich als nicht durchführbar erweist.

Nur eine maximal, d. h. wochenlang sorgfältig trainierte Versuchsperson liefert gleichmäßig ausfallende Normalkurven.

Durch den Vergleich mit derart gewonnenen Normalkurven gelingt es dann, Kurven, die unter besonderen Versuchsbedingungen geschrieben worden sind, richtig zu beurteilen und wissenschaftliche Schlußfolgerungen daraus zu ziehen.

Vor abgeschlossenem Training fallen dagegen die unter gleichen Bedingungen geschriebenen Kurven auch ein und derselben Versuchsperson bisweilen recht verschieden aus. Es treten ganz unerwartet Mehrleistungen sowohl wie Minderleistungen ein. Derartige unerwartete Mehrleistungen sind auf Mehrproduktion von Ermüdungsantitoxin während der Immunisierungsperiode des Training zurückzuführen, sehr auffallende Minderleistungen auf Schädigung der antitoxinbildenden Zellen.[1]

Außerdem ist, was an dieser Stelle allerdings kaum der Erwähnung bedürfte, das suggestive Moment beim Ergographenkurvenversuche außerordentlich störend. Es benötigt ganz besonderer Sorgfalt und Erfahrung, die Suggestion vollkommen auszuschalten. Ist doch z. B. ein jeder Versuch, über dessen etwaigen Ausfall der Versuchsperson Andeutungen gemacht worden sind, von vornherein vollkommen verfehlt. Der Umstand, daß viele Forscher das suggestive Moment unterschätzen, dürfte eine der Ursachen dafür sein, daß Ergographenversuche bis zu einem gewissen Grade in streng wissenschaftlich denkenden physiologischen Kreisen etwas in Mißkredit gekommen sind. Gewiß nicht mit vollem Recht, da die unter strengstem Innehalten aller Kautelen gewonnenen Ergographenkurvenversuche einen gewissen wissenschaftlichen Wert haben, wie oben bereits auseinandergesetzt worden ist.

Ich selbst pflege Suggestion dadurch auszuschalten, daß die maximal trainierte Versuchsperson vollkommen im Unklaren darüber bleibt, was

[1] Training im Lichte der modernen Immunitätsforschung. *Festschrift* für Prof. J. Rosenthal. Leipzig 1906.



sie vor dem Versuche genommen hat, ob eine wirksame oder nicht wirkende Lösung. Ich gebe ihr die Weisung, lediglich scharf darauf zu achten, daß jede ihrer Leistungen auch wirklich maximal ausfalle. Dadurch wird die Leistungsgrenze des gut Trainierten relativ genau festgestellt und hiermit eine gute Grundlage zu weiterer wissenschaftlicher Verwertung geschaffen.

In dieser Weise wurden z. B. zwecks Feststellung der Vormittagsermüdung an vier aufeinanderfolgenden Tagen von einer derart gut trainierten Versuchsperson folgende Ergographenkurven geschrieben, bei denen der ermüdende Einfluß anstrengender, stundenlang fortgesetzter geistiger und körperlicher Betätigung gut zum Ausdruck kommt.

Ergographenkurven einer gut trainierten Versuchsperson.

Die Untersuchungsergebnisse fielen während einer Periode von 10 Tagen ganz gleichsinnig aus. Aufgezeichnet ist hier Tag V, VI, VII und VIII (s. graphische Darstellung auf S. 344).

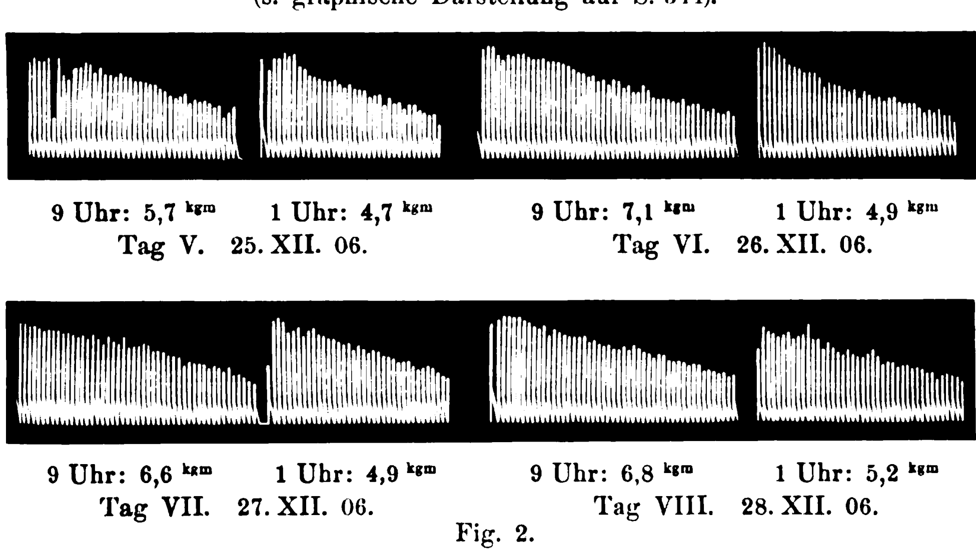


Fig. 2.

Doch schien es mir wünschenswert, diese Ergographenversuche durch eine andere Methodik noch zu ergänzen, bzw. die Ergographenversuchsergebnisse damit zu kontrollieren. Nach mannigfachen Experimenten gab mir die folgende Methode recht konstante Resultate, bei welcher nicht, wie beim Ergographen, nur einzelne Muskelgruppen, sondern möglichst viele der Körpermuskeln gleichzeitig zur Maximalleistung, somit zur ausgiebigen Toxinproduktion, mit herangezogen wurden.

Die Versuchsperson nimmt in jede Hand eine 2 bis 5 kg schwere Hantel und dreht diese bei horizontal vorwärts gestreckten Armen nach dem Pendelschlage einer Sekundenuhr um 1/4 des Kreisbogens nach außen

und dann wieder nach innen. Zugleich hebt sie, ebenfalls im Sekundentakte, den rechten und dann wieder den linken Fuß bis zur Kniehöhe. Schon nach 20 bis 30 Sekunden wird diese anfangs spielend leichte Übung allmählich schwieriger, und plötzlich sinken die Arme infolge hochgradigster Ermüdung. Dieser Zeitpunkt, welcher durch Zählen der Sekunden sehr genau festgestellt werden kann, gibt nach meiner Erfahrung die Stärke des vor der Übung bereits vorhandenen Ermüdungsgrades ebenso sicher an wie die Ergographenkurve.

Graphische Darstellung der Untersuchungsresultate, die mit einer gut trainierten Person mittels des Ergographen und der Hantelfußübung gewonnen wurden.[1]

	Hantelfußübung.	Ergograph.
Tag V	9 Uhr 41 "	9 Uhr 5,7 kgm
	1 Uhr 30 "	1 Uhr 4,7 kgm
Tag VI	9 Uhr 40 "	9 Uhr 7,1 kgm
	1 Uhr 33 "	1 Uhr 4,9 kgm
Tag VII	9 Uhr 41 "	9 Uhr 6,6 kgm
	1 Uhr 30 "	1 Uhr 4,9 kgm
Tag VIII	9 Uhr 40 "	9 Uhr 6,8 kgm
	1 Uhr 30 "	1 Uhr 5,2 kgm

Fig. 3.

[1] Die Untersuchungsergebnisse fielen während einer Periode von 10 Tagen ganz gleichsinnig aus. Aufgezeichnet ist hier Tag V, VI, VII und VIII. Die Ergographenwerte (s. die dazugehörigen Kurven auf S. 343) und die der Hantelfußübung sind zur Vergleichung in Stabform gezeichnet, die Längen aller Ergographenwerte, der besseren Übersicht halber, um die Hälfte verkleinert.

Allerdings hat auch diese Hantelfußübung, genau wie die Ergographenmethode, nur dann Wert, wenn der Ausübende sorgfältig trainiert ist, und wenn sekundäre Störungen, namentlich Beeinflussungen suggestiver Natur, vollständig ausgeschlossen werden.

Es zeigte sich, daß bei der wohl trainierten Versuchsperson die Resultate der Hantelfußübungen entschieden noch etwas konstanter ausfielen, als die mit dem Ergographen gewonnenen Kurven. (Fig. 3.)

Zusammenstellung.

Obige Kurven sind aus sehr großen Kurvenserien, die ich im Laufe meiner Studien gewonnen habe, herausgegriffen. Bei diesen Studien ergab sich also, daß nach einer gewissen Übungszeit und bei Berücksichtigung aller angegebenen Kautelen, auch die beim Menschen aufgefundenen Grenzen der Leistungsfähigkeit konstant und zuverlässig ausfallen. Sie können demnach mit Fug und Recht, ähnlich wie die Mäusekymographionkurven, als wissenschaftlich verwertbar gelten und als Grundlage für Studien betreffend die Erweiterung der Leistungsgrenzen.

Erhöhung der Leistungsfähigkeit.

Das Bestreben, die Leistungsfähigkeit zu erhöhen, ist ein Problem, das schon im Altertum gebührend gewürdigt worden ist. Man denke an das Training für die olympischen Spiele.

Auch in späteren Jahrhunderten — bis auf unser turnendes und dem Sport huldigendes Zeitalter — hat die Stählung der Körperkräfte durch stete Übung als Mittel zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit stets im Vordergrund gestanden; bisher allerdings keineswegs nach wissenschaftlich feststehenden Regeln, sondern zumeist empirisch, auf Erfahrungen der Praxis fußend. Namentlich auch der Gebrauch anderer Hilfsmittel, um die Leistungsfähigkeit zu steigern, so der von Anregungsmitteln, entbehrte lange Zeit jedweder wissenschaftlichen Begründung.

Um den Weg einer zweckmäßigen Erhöhung der Leistungsfähigkeit sicherer beurteilen zu können, dürfte es sich zunächst empfehlen, auf die einfacheren Verhältnisse der früher schon kurz gestreiften Tierexperimente zurückzugreifen.

Wie wir gesehen haben, erhält man höchst charakteristische Kurven von Mäusen, denen hohe Dosen unseres rein hergestellten Eiweißabspaltungsantigens von Ermüdungstoxincharakter injiziert worden sind: Eine die Spitzen der Gastroknemiuszuckungshöhen verbindende Linie sinkt dann bei gleicher Reizung schon nach wenig Zuckungen zur Abszisse herab, während diese Linie bei nicht vorbehandelten Mäusen sehr viel langsamer, erst nach längerer Zeit zum Nullpunkt absinkt. Es hat den An-

schein, als ob in ersterem Falle die antitoxinbildenden Zellen durch große Toxindosen schwere funktionelle Schädigungen erlitten hätten. Man ist sicherlich zu dieser Annahme berechtigt, da bei Injektionen von Reintoxin andere Momente, auf die eine derartige auffällige Minderleistung zu beziehen wäre, nicht in Frage kommen. Dazu kommt, daß Mäuse, die vorher mit dem spezifischen Antikörper geschützt worden sind, und denen eine gleich große Dosis des Eiweißabspaltungsantigens von Ermüdungstoxincharakter injiziert wird, nach der gleichen Latenzzeit unter gleichen Bedingungen keine Toxinkurve schreiben, wie die unvorbehandelten mit Toxin injizierten Mäuse. Es liegt, wie schon erwähnt, nahe, für auffällige Minderleistungen, die beim Menschen nach ganz außerordentlichen, ungewohnten Anstrengungen auftreten — ein Zustand, der am präzisesten mit dem englischen Ausdruck Overtraining bezeichnet wird — eine derartige Zellschädigung mit verantwortlich zu machen.

Guten Beobachtern war es dagegen schon aufgefallen, daß nach nicht allzu großen Anstrengungen, z. B. im Hochgebirge, ganz überraschend schnell Mehrleistungen zur Beobachtung kommen, Mehrleistungen, die auf Zellvermehrung, z. B. des Muskelapparates, nicht zurückgeführt werden können, da sie relativ zu schnell in Erscheinung treten.

Wenn wir nun Mäusen mäßige Dosen unseres Eiweißabspaltungsantigens von Ermüdungstoxincharakter injizieren, so treten ebenfalls nach relativ kurzer Latenzzeit Mehrleistungen ein: die Gastroknemiuszuckungskurven fallen dann so aus, daß eine die Spitzen der Zuckungshöhen verbindende Linie ungewöhnlich langsam erst zur Abszisse absinkt, ja bei gut aktiv mit dem Reintoxin immunisierten Tieren diese überhaupt nicht erreicht, während bei Zuckungskurven von gleich großen Kontrollmäusen diese Linie relativ früh zur Abszisse herabsinkt. Es hat den Anschein, als ob bei den sachgemäß mit Reintoxin immunisierten Tieren der Antikörpervorrat und die Antikörperversorgung so günstig ist, daß bei den von uns gewählten Versuchsbedingungen der durch das Blut zugeführte Antikörper das entstehende Ermüdungstoxin in sehr vollkommener Weise entgiftet und unwirksam macht. Derartige hochgradige Leistungen bei passiver Immunisierung mit dem spezifischen Antikörper zu erzielen, gelang nur ganz ausnahmsweise. Vielleicht ist die Verteilung des Antikörpers bei der passiven Immunisierung im allgemeinen eine nicht ganz so günstige, wie bei der aktiven.

Mit diesen exakten Beobachtungen, gewonnen durch wissenschaftlich genau durchgeführte Tierexperimente, gilt es, die mittels des Ergographen und bei Hantelfußübung erzielten Versuchsergebnisse in Vergleich zu stellen und sie dann vorsichtig abwägend kritisch zu verwerten. Plötzliche Mehrleistungen der Versuchsperson, die während der Trainingperiode die

Gleichmäßigkeit der Versuchsresultate nur zu oft außerordentlich stören, dürften z. B. in eine Linie zu stellen sein mit den Mehrleistungen der mit mäßigen Dosen injizierten Toxins aktiv immunisierten und dann ebenfalls mehrleistenden Mäuse.

Doch liegen selbstverständlich beim Menschen die Verhältnisse beim Training weit verwickelter als bei den entsprechenden Tierversuchen nach Injektion bestimmter Dosen Reintoxins. Es wurde deshalb, wie schon erwähnt, bei den Ergographenversuchen und bei der Hantelfußübung die Trainingperiode zur Feststellung wissenschaftlicher Resultate überhaupt nicht verwendet. Erst dann, als nach zahlreichen Vorübungen Konstanz der Kurvenwerte eingetreten war, wurde der Versuchsperson auch der Antikörper, und zwar per os gegeben. Dieser Antikörper ist, wie früher gezeigt worden ist, dialysabel und durchdringt die Magenwände schnell, wirkt daher nach kurzer Zeit schon.

Aus der großen Anzahl gleichsinnig verlaufender Versuchsserien sei folgende angeführt:

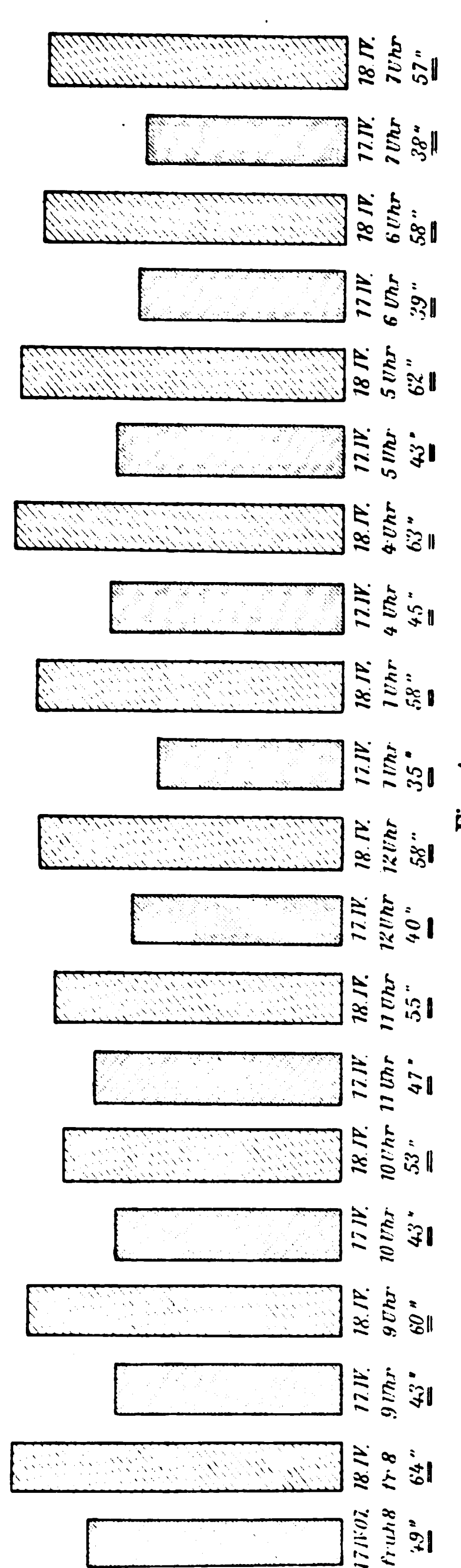


Fig. 4.

Vergleich der Ergebnisse der Hantelfußübungen vom 17. IV. 07 und 18. IV. 07. Am 18. wurde vor jedesmaliger Übung 0·1 des Antikörpers genommen. Die Versuchsperson war maximal trainiert. Die Leistungswerte waren an den vorhergehenden Tagen zu den gleichen Tagesstunden die gleichen wie am 17. IV.

Es erübrigt, nochmals Mäuseversuche zu besprechen, und zwar Versuche, bei denen ganz besonders exakte Versuchsbedingungen aufgestellt werden konnten.

Es handelte sich darum, nachzuweisen, ob nicht auch Abspaltungen unseres Antigens von Ermüdungstoxincharakter durch chemische Mittel veranlaßt werden könnten, wenn letztere direkt in den Tierkörper eingebracht werden.

Hierbei war zunächst zu beachten, daß die chemischen Wirkungen möglichst mild und ohne schwerere Schädigung verliefen. Dieser Bedingung gerecht zu werden, glückte bei Einführung von kolloidalem Palladium, wie ich schon an anderer Stelle beschrieben habe. Eine so, ohne jedwede Nebenwirkung, nur Eiweißabspaltungsantigen von Ermüdungstoxincharakter im Tierkörper abspaltende Substanz aufzufinden, war ich, abgesehen von diesem interessanten, durch die Arbeiten von **Paal**[1] gut beschriebenen Stoffe, bis dahin nicht wieder in der Lage. Immerhin vermag man bei einer großen Anzahl chemischer Substanzen die schwereren direkten Nebenwirkungen zumeist zu vermeiden und die Wirkung des sich abspaltenden Antigens von Ermüdungstoxincharakter in Erscheinung zu bringen durch Beachtung der Schwelle direkt chemischer, dann zumeist tödlicher Wirkung und durch sorgfältige Benutzung der Latenzzeit unseres Toxins.

Dies sei durch folgenden Versuch illustriert:

Wird zwei gleich frischen und gleich munteren Mäusen von ca. 15 g Gewicht, von denen die eine vorher mit dem spezifischen Ermüdungsantitoxin immunisiert worden ist, in Pausen von etwa 10 bis 20 Minuten je 1/10 ccm einer sehr schwachen Cyankalilösung (1:3000 bis 5000) subkutan injiziert, so verhalten sich die beiden Tiere außerordentlich verschieden: Die unvorbehandelte Maus wird nach den ersten Injektionen träge und müde. In $^1/_2$ Stunde schon ist die Körpertemperatur deutlich gesunken. Dann vertieft und verlangsamt sich die Atmung, und im Verlaufe der nächsten Stunden kann durch sachgemäße vorsichtige Weiterinjektion kleiner Dosen von Cyankalilösung die Maus in hochgradigen Sopor gebracht werden; dabei wird die Körpertemperatur außerordentlich erniedrigt, bis zu 30° und weniger.

Ganz anders verhält sich die durch Fütterung mit den antikörperhaltigen Präparaten gut passiv immunisierte und dann in ganz gleicher Weise mit Cyankalilösung behandelte Kontrollmaus. Sie wird kaum mehr affiziert als eine mit physiologischer Kochsalzlösung behandelte. Ihre Körpertemperatur sinkt nicht unter 36°, und auch nach öfter

[1] Paal u. Amberger, *Berichte d. deutschen chem. Gesellsch.* Jahrg. XXXVIII.

wiederholten Injektionen genau derselben Dosen von Cyankalilösung, wie bei der ersten Maus, tritt Atemverlangsamung und Sopor bei ihr nicht ein.

Durch Injektion von nur einigen Dosen der Cyankalilösung läßt sich die Abspaltung des Antigens im Organismus unvorbehandelter Versuchsmäuse so in Schranken halten, daß das abgespaltene Toxin die Tiere gar nicht schwer schädigt, daß diese vielmehr durch den Reiz des Toxins nach einer gewissen Latenzzeit aktiv immun werden. Sie sind dann ebenso resistent gegen Cyankaliinjektionen oder auch gegen Injektion des reinen Eiweißabspaltungsantigens von Ermüdungstoxincharakter wie die passiv per os immunisierte Maus des oben geschilderten Versuches, und die Gastroknemiuszuckungskurven so behandelter Mäuse entsprechen einer erhöhten Leistungsfähigkeit. Ähnliche Ergebnisse, die unzweideutig erwiesen haben, daß die Abspaltung unseres Antigens von Ermüdungstoxincharakter im Tierkörper stattfindet, liegen vor von Injektionsversuchen mit Arsen, Phosphor und noch zahlreichen anderen Chemikalien. Freilich bedarf es bei einigen dieser chemisch differenten Stoffe, wie schon erwähnt, ganz außerordentlicher Vorsicht, daß die Schwelle der schweren direkt chemischen Wirkung der betreffenden Substanzen vermieden und doch mittels vorsichtiger Benutzung der Latenzzeit des nach und nach abgespaltenen Eiweißabspaltungsantigens von Ermüdungstoxincharakter Summierung der Toxinwirkung erzielt wird. Mittels Fütterung mit dem spezifischen Antikörper läßt sich beim gleich behandelten Kontrolltiere, welches dann vollkommen intakt bleibt, der Nachweis erbringen, daß durch die betreffende chemische Substanz unser Antigen von Ermüdungstoxincharakter im Tierkörper selbst wirklich abgespalten, von Antitoxin aber in statu nascendi abgesättigt worden ist.

Diese eigentümliche Wirkung vieler Chemikalien im Organismus legt den Gedanken nahe, ob nicht bei manchen Vergiftungen eine ähnliche Abspaltung des Eiweißantigens von Ermüdungstoxincharakter mit in Frage kommt.

Auch ist es wahrscheinlich, daß nach wiederholtem Einbringen sehr kleiner Dosen von oft recht differenten Stoffen, wie z. B. der oben genannten: Phosphor und Arsen, stets Abspaltungen unseres Antigens von Ermüdungstoxincharakter und infolge des Toxinreizes dann Zellaktivierungen veranlaßt werden, die dann natürlich — namentlich nach häufig wiederholtem Einbringen kleinster Dosen dieser heftigen Gifte — erstaunlicherweise die Grenzen der Leistungsfähigkeit des Gesamtorganismus erweitern.

Es war im hohen Maße interessant, dieselbe Abspaltung unseres Antigens auch nachweisen zu können bei Mäusen, denen mit 100 Raumteilen Wassers verdünnter Alkohol in kleinen Dosen wiederholt injiziert worden war.



Hieraus besondere theoretische Folgerungen ziehen zu wollen in bezug auf die Erhöhung, bzw. Minderung der Leistungsfähigkeit nach Alkoholgenuß, wäre aber meines Erachtens verfrüht, da ja eine große Anzahl schwer kontrollierbarer Faktoren bei der Alkoholwirkung in Rechnung gezogen werden müssen. Immerhin haben diese Versuche ergeben, daß bei Einbringen des Alkohols in den Organismus bestimmte chemische, bis dahin noch nicht bekannte, durch unseren Antikörper quantitativ zu verfolgende Umsetzungen statthaben, deren Beurteilung durchaus die Mitberücksichtigung der Abspaltung unseres Antigens von Ermüdungstoxincharakter, sowie der hierdurch veranlaßten aktiven Immunisierung des Individuums für eine gewisse Zeit, erheischt.

Mittels der oben beschriebenen Methoden wurde auch geprüft, ob die in letzter Zeit von französischen Forschern zur Hebung der Leistungsfähigkeit so dringend empfohlene Ameisensäure auch wirklich imstande sei, die Leistungsfähigkeit wesentlich zu erhöhen.

Es stellte sich jedoch heraus, daß bei genauester Innehaltung der oben angegebenen Kautelen weder die Kymographionkurven von mit Ameisensäure behandelten Tieren, noch auch Ergographenkurven von gut trainierten Versuchspersonen, welche vor dem Versuche Ameisensäure genommen hatten, anders ausfielen als die Normalkontrollkurven.

[Aus der Kaiserl. chirurgischen Universitätsklinik Fukuoka, Japan.]

Morphologische und klinische Beiträge zur Filaria Bancrofti.

Von

Prof. Dr. **H. Miyake.**

(Hierzu Taf. II.)

Nachdem Wucherer im Jahre 1868 in Bahia (Australien) im Harn eines an Hämaturie leidenden Einheimischen zufällig eine Anzahl feiner, schlanker Würmchen gefunden, und unabhängig von ihm kurz danach (1870) Lewis in Kalkutta darauf aufmerksam gemacht hatte, daß nicht nur im chylösen Urin, sondern auch im Blute der betreffenden Patienten kleine Rundwürmer vorkämen, denen er den Namen Filaria sanguinis hominis gab, dauerte es einige Zeit, ehe man sich über diese kleinen Gebilde klar werden konnte. Erst im Jahre 1877 gelang es Bancroft in Greenland (Australien), mehrere Exemplare eines ausgetragenen Muttertieres zu finden, welche er dem englischen Helminthologen Spencer Cobbold zusandte. Dieser hat die Parasiten eingehend studiert, als Muttertiere der Filaria sanguinis hominis Lewis erkannt und zu Ehren des Entdeckers Filaria Bancrofti genannt.

In dem gleichen Jahre wie Bancrofts Entdeckung erfolgten Bestätigungen von seiten verschiedener Autoren. So hat beispielsweise Lewis bei der Elephantiasis scroti im Gewebe, Santos in einem Lymphdrüsenabszeß und Aranio bei einem an Hämaturie und Elephantiasis leidenden Patienten das ausgetragene Muttertier gefunden, und seitdem mehrten sich bezügliche Beobachtungen von Jahr zu Jahr. Allerdings sind die Befunde von Muttertieren im Verhältnis zur Häufigkeit der Filariakrankheit entschieden spärlich, und die Beschreibungen, welche die Autoren von ihnen geben, stimmen zwar im großen ganzen für die



weiblichen Tiere überein, nicht aber für die männlichen, offenbar weil diese noch seltener als die weiblichen oder nur als Bruchstücke gefunden worden sind. Rücksichtlich des feineren Baues aber gehen die Beschreibungen der verschiedenen Autoren in gleicher Weise für die männlichen wie für die weiblichen Tiere auseinander: So weichen Cobbolds Abbildungen des weiblichen Tieres (im Lancet), welche in der Literatur häufig als Musterbilder reproduziert werden, von denen der japanischen Autoren ab, und zwar 1. in der Gestaltung der Genitalöffnung, 2. in der Form des Verbindungskanals zwischen dieser und dem Uterinschlauch und 3. in der Endigungsart der Rektalöffnung. Während Cobbold die Genitalöffnung als ein großes, scheibenartiges Gebilde darstellt, beschreiben die japanischen Autoren dieselbe als einen ganz kleinen abgerundeten dreieckigen Schlauch mit zentraler Öffnung. Die Verbindung zwischen der Genitalöffnung mit dem Uterinschlauch geht nach Cobbold in gerader Linie, während sie nach den anderen einen gewundenen, feinen Kanal darstellt; die Rektalöffnung endigt nach Cobbold etwas oberhalb des Schwanzendes, während sie nach unseren Autoren gerade den Mittelpunkt des Schwanzendes bildet. Da ich im letzten Jahre das Glück hatte, bei einem Filariakranken zwei geschlechtsreife weibliche Tiere sowie ein männliches Tier zu finden, möchte ich es aus den obengenannten Gründen nicht für überflüssig halten, ihre Morphologie genauer zu beschreiben.

Die sog. Filaria disease, veranlaßt durch Filaria Bancrofti, ist bekanntlich in der tropischen und subtropischen Zone aller Erdteile endemisch verbreitet und äußert sich bald als Hämatochylurie, bald als Elephantiasis oder als verschiedene Formen von Lymphektasie. Manche Gegenden sind von der Krankheit so verseucht, daß fast die ganze Bevölkerung davon mehr oder weniger befallen ist. So kommt nach Manson in Amoy (China) auf acht Personen ein Filariakranker vor; Thorpe fand auf der Fuji-Insel 25 Prozent und auf der Freundschaftsinsel 32 Prozent mit Filariaembryonen behaftete Individuen unter den Eingeborenen.

Was die Verbreitung der Filariakrankheit in Japan anbetrifft, so kommt sie nach Murata zwar überall, besonders aber auf Kiuschu vor. Er konnte im Jahre 1887 im ganzen 82 Fälle aus der japanischen Literatur und aus seiner eigenen Beobachtung zusammenstellen und fand, daß gerade die Hälfte davon auf die Insel Kiuschu entfiel, während sich der Rest als sporadische Fälle auf die anderen Gegenden verteilte. Im Gebiete meines gegenwärtigen Wirkungskreises, Fukuoka, kommt diese Affektion nur selten zur Beobachtung, jedoch in den angrenzenden Gouvernements, wie Kumamoto, Shaga, Nagashaki, Kagoshima und



Miyasaki in Form von Hämaturie, Elephantiasis oder als Lymphektasie sehr häufig. In solchen Gegenden wird auch manchmal im Blut von scheinbar gesunden Individuen das Vorkommen von Filariaembryonen konstatiert. Kiyoshaki konnte unter zahlreichen Angehörigen der armen Klassen, welche zum heiligen Tempel Hommyoji bei der Stadt Kumamoto pilgerten, ca. 10 Prozent Filariakranke konstatieren. Ein Militärarzt fand sogar bei der Rekrutenuntersuchung im Distrikt des Kagoshimaregiments bei genauer Blutuntersuchung unter drei Personen einen Kranken, d. h. eine Person mit positivem Befunde von Filariaembryonen im Blute. Taniguchi erwähnt zwei Geschwister, welche trotz siebenjährigen positiven Befundes von Filariaembryonen im Blute stets in anscheinend voller Gesundheit und mit gleichem Eifer die Schule wie die Mitschülerinnen besuchten.

Besonders häufig kommt die Affektion in der Gegend Amakusha im Gouvernement Kumamoto vor. Nach dem amtlichen Berichte litten im Jahre 1899 von ca. 1200000 Einwohnern 626 (= 0·52 : 1000) an Elephantiasis und 1722 an Hämatochylurie (= 1·43 : 1000). Doch gibt diese Statistik infolge der Unzuverlässigkeit des Urmaterials noch kein Bild von der wahren Verbreitung der Krankheit. In Wirklichkeit ist die Zahl ihrer Opfer zwei- bis dreimal größer, ja vielleicht noch mehr.

Bei der Häufigkeit der Krankheit auf der Insel Kiuschu haben auch wir oft Gelegenheit, sie zu sehen. Von den verschiedenen Symptomenkomplexen führen den Kranken in unsere chirurgische Behandlung vor allem Harnretention infolge von Blut- oder Fibringerinnseln, Lymphektasie der Inguinal- oder Schenkeldrüsen sowie die Lymphocele des Samenstranges, alsdann Elephantiasis, Lymphskrotum und endlich Hydrocele mit chylöser Beimischung.

Über Muttertiere sind in den letzten Jahren in unserer Literatur zahlreiche wichtige Arbeiten veröffentlicht worden, und zwar stammen alle publizierten Fälle aus Kiuschu. Im folgenden gestatte ich mir, sie kurz in Tabellenform darzustellen:

Autoren	Jahr	Sitz der Würmer	Zahl der Würmer	Fundort
U. Matsura	1896	Inguinaldrüse	1	Kumamoto-Spital
derselbe	1896	in einer Mammazyste	1	„
Taniguchi	1897	Inguinaldrüse	1	„
T. Koōno	1897	Schenkeldrüse	1	Kumamoto
derselbe	1897	Inguinaldrüse	1	Lazarettspital zu Kumamoto
Kumano	1900	„	8	Kagoshima-Spital



Autoren	Jahr	Sitz der Würmer	Zahl der Würmer	Fundort
Ikeda	1901	Inguinaldrüse	zahlreich	Kumamoto-Spital
Tsuchiya	1902	"	1	"
Hida	1903	Lymphocele des Samenstranges	7 (4 ♀ u. 3 ♂)	Lazarettspital zu Kumamoto
Miyake	1906	Inguinaldrüse	3 (2 ♀ u. 1 ♂)	Universitätsklinik zu Fukuoka

Mein eigener Fall betrifft einen 19jährigen Bauern aus dem Gouvernement Kagoshima, der über Hämatochylurie klagte. Keine hereditäre Belastung. Nach Angabe des Patienten im Heimatsdorfe mehrere Elephantiasisfälle. Patient war von Kindheit an gesund und hat — abgesehen von den Affektionen, über die ich sogleich berichten werde, — nie an nennenswerter Krankheit gelitten. Ungefähr in seinem 10. Lebensjahre bemerkte der Patient Anschwellung der Schenkeldrüsen beiderseits. Dieselbe nahm ganz allmählich zu, verlief aber völlig beschwerdenfrei. Nur hatte der Patient im ganzen dreimal je ca. zwei Tage lang Anfälle, die in entzündlichen Erscheinungen an den betreffenden Drüsen, heftigem Schüttelfrost und Fieber bestanden. Vor 23 Tagen wurde der Harn plötzlich beim Urinieren angehalten. Unter qualvoller Anstrengung gelang es endlich dem Patienten durch Pressen, Drängen usw., den blutig-milchigen Harn zu entleeren, nachdem ein Blutgerinnsel von beträchtlicher Größe mit einem Ruck aus der Harnröhre herausgekommen war. Seitdem ist bis zum heutigen Tage jede Urinportion mehr oder weniger blutig gefärbt, während der Patient immer blasser und elender wurde. Außerdem wiederholte sich mehrmals die Harnretention infolge von Gerinnselmassen, so daß der Urin durch Katheterismus entleert werden mußte.

Status präsens: 26. IX. 1906. Stark anämisch. Konstitution schwach. Harn stark blutig mit milchigweiser Trübung und reichlichen Fibringerinnseln. Beide Schenkeldrüsen sind deutlich angeschwollen und lassen sich unter der Haut als eine ganz weiche zusammendrückbare Geschwulst abtasten; hier und da fühlt man aber etwas derbere Knoten inmitten der weichen, pseudofluktuierenden Drüsenmasse. Die beiden Inguinaldrüsen sind ebenfalls intumesziert, aber bei weitem geringer als die obigen. Druckempfindlichkeit fehlt vollkommen. Im Bereich des Samenstranges ist die Lymphektasie, wie sie bei ähnlichen Affektionen sehr oft besteht, nicht konstatierbar. Eine um die Mitternacht am 26. IX. vorgenommene Untersuchung des Blutes ergab, daß es von Filariaembryonen wimmelte. In jedem Gesichtsfelde konnten wir 1 bis 3 Embryonen nachweisen. Auffallend war an dem Harn außer der

pfirsichroten Trübung noch seine abnorm große Menge; sie betrug täglich 2300 bis 3000 ccm, obwohl der Patient außer gewöhnlicher Kost keine übermäßige Flüssigkeit zu sich nahm.

Am 27. IX. 1906 exstirpierten wir die beiden intumeszierten Schenkeldrüsen, in der Hoffnung, darin die Muttertiere zu finden. Sowohl das Innere jeder Drüse, namentlich der Hilusteil, als auch das periadenale Gewebe war mit zahlreichen, enorm ektasierten Lymphgefäßen durchsetzt; nur an der Partie gegenüber dem Hilus war die Drüsensubstanz relativ wohl erhalten, offenbar der Teil, welcher als derbere Masse bei der Palpation zu fühlen war. Stellenweise waren die Lymphgefäße enorm erweitert, geschlängelt und die Wandung so sehr verdickt, daß man sie leicht mit Hautvenen verwechseln konnte. Aus den durchschnittenen Lymphgefäßen quoll reichlich klare Lymphe heraus, welche durch einfache Tamponade allein nicht gut gestillt werden konnte, so daß wir genötigt waren, einige von ihnen einzeln zu fassen und zu ligieren. Exakte Hautnaht. Heilung per primam intentionem. 20 Tage nach der Operation wird der Patient auf seinen Wunsch ungeheilt von der Hämatochylurie entlassen.

In dem exstirpierten Material wurden 3 Muttertiere vorgefunden. Trotzdem hörte die Hämatochylurie nicht auf, vielmehr konnten wir nach der Operation ebenso zahlreiche Filariaembryonen im Blute nachweisen, wie vorher. Danach können wir wohl vermuten, daß Muttertiere noch in anderen Körperteilen vorhanden gewesen sein müssen. Während die Nachtportion des Blutes zahlreiche, lebhaft bewegliche Filariaembryonen enthielt, blieb die Tagesportion frei von ihnen. Die Harnmenge, welche wir schon vor der Operation als abnorm reichlich bezeichneten, nahm nach ihr noch mehr zu, pro Tag 3900, 3300, 3400, 2800, 3250 ccm usw. Die abnorm hohe Menge des Harnes muß darauf zurückgeführt werden, daß an irgend einer Stelle der Harnwege, in der Niere, dem Urether oder in der Blase eine offene Kommunikation mit den Lymph-, resp. Blutgefäßen bestand, und daraus so viel Lymphe und Blut in den eigentlichen Harn floß.

Betrachten wir die 3 Muttertiere, so finden wir an ihnen schon makroskopisch Dicken- und Längenunterschiede; zwei sind etwas stärker und länger als das dritte; letzteres ist — im Gegensatz zu den zwei anderen — an den einem, feinen Ende leicht gewunden.

No.	Länge	Dicke
I.	86 mm	0·25 mm
II.	85 „	0·25 „
III.	42 „	0·12 „



Untersucht man die Tiere unter dem Mikroskop, so erkennen wir sofort, daß Nr. I und II das weibliche und Nr. III das männliche Geschlecht darstellt. Zunächst folgt die feinere Struktur des männlichen Tieres:

Das männliche Tier (Fig. 1, 2 u. 3, Taf. II), welches zuerst von Maitland 1844 als vollständiges Exemplar gefunden und beschrieben wurde, ist, wie schon erwähnt, viel feiner und kürzer, als das weibliche und sieht viel dünner als ein menschliches Haar aus. Nach Denis beträgt seine Länge nur 44 mm. Hida gibt die Länge und Dicke seiner drei Exemplare von männlichen Tieren wie folgt an:

No.	Länge	Dicke
I.	30 mm	0·10 mm
II.	43 „	0·15 „
III.	45 „	0·15 „

Mein Tier entspricht sowohl in der Länge als auch in der Dicke ungefähr den Angaben der beiden Autoren. Das Kopfende sieht leicht kolbig verdickt aus, besitzt eine einfache runde Mundöffnung, welche mit dem Verdauungskanal in direkter Verbindung steht. Der Halsteil ist verjüngt, beträgt nur $^1/_3$ von der Dicke des Körpers und geht in allmählicher Verdickung in den Körper über. Das Schwanzende ist etwas abgerundet, leicht eingerollt und etwas dünner als das Kopfende. Der Verdauungstraktus verläuft von der Mundöffnung durch den ganzen Körper in beinahe geradem Verlaufe und geht in die am Schwanzende befindliche Kloake über. Der ganze Verdauungskanal besitzt einen feinen Zentralkanal; der übrige Teil ist fein granuliert.

Der Geschlechtskanal beginnt am Kopfteil des Körpers, läuft parallel mit dem Verdauungskanal; anfangs ebenso dick wie der letztere wird er im weiteren Verlaufe plötzlich weiter und füllt beinahe die ganze Dicke des Leibes aus. Seine Wandung ist anfangs ganz dünn und zart, nimmt jedoch allmählich an Dicke gegen das Schwanzende zu, so daß das Lumen immer enger und schmaler wird. Der Geschlechtskanal geht schließlich in die Kloake über und endigt als solche ca. $^1/_2$ cm zentralwärts von dem Schwanzende. Die Kloake ist ca. 1 mm lang, besitzt einschichtige, zellige Bekleidung und zerfällt in zwei Speculae, von denen die kürzere spitzig und die längere, wie Manson sich treffend ausdrückt, ähnlich dem Griffe eines Spazierstockes, gekrümmt ist. Die letztere kommuniziert mit der Kloakenöffnung. Der Kanal enthält im Anfangsteil, wo er noch schwach entwickelt ist, lauter feine zellige Elemente, welche weiter abwärts an Größe und Deutlichkeit zunehmen.



Schon an dem plötzlich erweiterten Teil des Kanals beginnen anstatt der feinen zelligen Elemente stark lichtbrechende stäbchenähnliche Gebilde aufzutreten, die gegen das Schwanzende zu größer, aber spärlicher werden. Diese feinen stäbchenartigen Gebilde stellen die Spermatozoen dar.

Der ganze Körper ist bedeckt mit einer zarten, doppelt konturierten, homogenen Haut. Der Raum zwischen dieser und den Eingeweiden ist überall mit längsgestreiften, zarten Muskelfasern erfüllt, in denen wir undeutliche, spärliche, runde oder ovale Zellen konstatieren können. Der Verdauungs- und Geschlechtskanal sieht unter dem Mikroskop schwach gelblich gefärbt aus; insbesondere zeichnet sich der Kloakenteil durch gelbe Nuance aus.

Die zwei weiblichen Exemplare (Fig. 4, 5, 6, Taf. II), von welchen das eine 86 ^{mm} lang und 0·25 ^{mm} breit, das andere 85 ^{mm} lang und 0·25 ^{mm} breit ist, besitzen durchaus analogen Bau. Der Kopf ist schwach verdickt; der Schwanz endigt stumpf; der Halsteil ist viel dünner als der Körper. Der Verdauungsschlauch mit seinem feinen Innenkanal zieht von dem Kopfende durch den ganzen Körper hin und geht in die am Schwanzende befindliche Afteröffnung über. Die Geschlechtsöffnung befindet sich 0·8 bis 1·0 ^{cm} hinter dem Kopfende, stellt eine feine trichterförmige Vertiefung dar und steht durch einen spiralig gewundenen feinen Kanal mit dem Uterinschlauch in Verbindung. Der Uterinschlauch, welcher anfangs ebenso dick ist, wie der Verdauungskanal, nimmt allmählich nach abwärts etwas an Dicke zu, macht unregelmäßige Schlängelungen und Windungen und füllt beinahe den ganzen Körper aus, um ca. 1·2 bis 1·5 ^{cm} von dem Schwanzende in einem schlauchförmigen Blindsack zu endigen. Die obere Hälfte des Uterinschlauches ist mit mehreren Millionen Embryonen in verschiedenen Entwicklungsstufen erfüllt. Je näher die Embryonen dem Geschlechtskanal liegen, um so vollkommener ist ihre Entwicklung. Die untere Hälfte ist ebenfalls mit mehreren Millionen verschieden entwickelter Eier ausgefüllt. An der Übergangsstelle zwischen Embryonen- und Eierteil sehen wir die Eier in verschiedenen Entwicklungsstadien: Teils liegt der Embryo noch unvollständig ausgebildet in ihnen, teils ist er schon im Begriff aus der Eischale auszuschlüpfen. Je weiter wir die Eier nach aufwärts verfolgen, desto unentwickelter sind sie; in der Nähe des Schwanzes zeigt sich in ihnen nur eine unvollkommene Furchungsfigur. (Fig. 7, Taf. II.) Die Uterinschläuche sehen im Vergleich zu den anderen Körperteilen auffallend gelblich aus. Die doppelt konturierte, zarte, homogene Hülle, die längsgestreiften Muskelfasern usw. verhalten sich genau wie beim männlichen Tier.



Aus dem mikroskopischen Befunde, insbesondere aus dem Verhalten der Uterinschläuche, ergibt sich ohne weiteres, daß manchmal in einem einzigen Blutstropfen des Filariapatienten sehr zahlreiche Embryonen vorkommen können. Mackenzie schätzte bei einem Patienten ihre Zahl im Gesamtblut auf 36 bis 40 Millionen.

Außer in diesem Falle wurde noch bei einer Anzahl anderer Patienten mit Lymphektasie der Schenkel- und Inguinaldrüsen oder mit Lymphskrotum nach Muttertieren eifrig geforscht, aber stets mit negativem Resultate. Bei einem Fall, in welchem Hämatochylurie und ausgesprochene Lymphektasie der Inguinaldrüsen als Hauptsymptome bestanden, und sich zahlreiche Embryonen sowohl im Blute, als auch im Harne nachweisen ließen, konnten wir in den exstirpierten Drüsen kein Muttertier finden. Dieser Patient erlag während der Behandlung einer interkurrent aufgetretenen Miliartuberkulose. Bei der Sektion konnten wir außer enormer Erweiterung und Schlängelung sämtlicher Lymphgefäße der Bauch- und Beckenhöhle bis zum Ductus thoracicus hinauf keinen Zusammenhang zwischen den Lymph- und Harnsystemen konstatieren, noch ein Muttertier finden. —

Nachfolgender Fall ist dadurch interessant, daß Embryonen und Eier nur an der erkrankten Stelle vorhanden waren:

S. Matsukawa, 62 Jahre alt, Fischer. (26. XII. 1906) Lymphskrotum und Lymphektasie der Schenkel- und Inguinaldrüsen. Patient lebt seit seiner Geburt in einer stark durchseuchten Gegend von Nagashakiken. In seinem Dorfe sind ihm mehrere Fälle von Elephantiasis bekannt. Keine hereditäre Belastung. Patient, der sonst ganz gesund war, bekam vor etwa 20 Jahren unter heftigem Schüttelfrost und nachfolgendem, hohem Fieber eine anscheinend erysipelartige Anschwellung der Skrotalhaut. Seitdem traten ähnliche Anfälle von Zeit zu Zeit auf, deren Frequenz aber ganz unregelmäßig war, derart, daß sie bald zwei- bis dreimal im Monat auftraten, bald wieder lange Zeit ausblieben. Der einzelne Anfall dauerte gewöhnlich 3 bis 4 Tage. In der Zwischenzeit schwoll das entzündlich vergrößerte Skrotum immer beinahe bis zur Norm ab. Seit Januar 1905 aber schwillt es nicht nur während des Anfalles, sondern auch im Intervall mehr und mehr an. Außerdem traten zahlreiche linsen- bis erbsengroße Knötchen an ihm auf, welche dauernd seröse Flüssigkeit sezernieren und die Wäsche benetzen.

Status praesens: Sämtliche inneren Organe intakt. Das Skrotum ist ca. dreimal größer als normal und weist zahlreiche größere und kleinere Knötchen von Linsen- bis Erbsengröße auf, welche teils undurchsichtig sind, teils durchscheinend aussehen. Die vergrößerte Skrotalhaut ist ganz weich. Hier und da sezerniert ein durchscheinend gespanntes Knötchen seröse Flüssigkeit in geringer Menge. Die Samenstränge sind verdickt und weich, als wenn es sich um eine Varicocele handelte (Lymphocele). Die beiden Schenkel-



und Inguinaldrüsen sind diffus weich angeschwollen und durchaus schmerzfrei. Harn normal. Blut enthält keine Filariaembryonen.

Am 13. XII. wurde die vergrößerte Skrotalhaut samt den Schenkel- und Inguinaldrüsen exstirpiert. Dabei floß eine beträchtliche Menge schwach opaleszierender Lymphe aus den stark dilatierten, geschlängelten, mit deutlich sichtbarer Wandung versehenen Lymphgefäßen heraus. Die durchschnittenen, weiten Lymphlumina wurden gefaßt und unterbunden. Nach zweiwöchentlicher Behandlung geheilt entlassen.

Trotz Fehlens von Filariaembryonen im Blut und Harn sowie von Muttertieren im exstirpierten Gewebe haben wir bei diesem Falle doch in der Lymphe, welche bei der Operation herausquoll und aufgefangen wurde, sowie in den ektasierten Lymphgefäßen nach Flariaembryonen und Eiern gesucht, und in der Tat Embryonen und in geringer Zahl auch Eier gefunden. Sicherlich muß hier irgendwo in der Nähe der affizierten Organe das Muttertier vorhanden gewesen sein, ohne daß wir es aufzufinden vermochten.

Gerade der umgekehrte Befund ergab sich bei einem Patienten, welcher an Lymphscrotum und Lymphectasia inguinalis duplex litt.

Es handelte sich um einen 24jährigen Bauern, J. Tomikawa aus Nagashakiken. Der Patient litt seit 5 Jahren an den genannten Affektionen mit von Zeit zu Zeit exazerbierenden Schüttelfrösten und Fieberanfällen.

S t a t u s p r a e s e n s: Das stark p a p i l l ö s a u s s e h e n d e Skrotum hat ungefähr die dreifache Größe wie in der Norm. Konsistenz elastisch weich. Die beiden Inguinaldrüsen ebenfalls elastisch weich angeschwollen. Harn normal. Am 7. IX. 1906 Exstirpation der vergrößerten Skrotalhaut samt den vergrößerten Inguinaldrüsen. Reichliche Lymphorrhagie aus den durchschnittenen ektasierten Lymphgefäßen. D i e L y m p h e e n t h ä l t w e d e r E i e r n o c h E m b r y o n e n. Die zur Mitternacht vorgenommene Untersuchung des Blutes ergab das Vorhandensein zahlreicher Filariaembryonen. Nach 11 tägiger Behandlung geheilt entlassen. —

In Filariagegenden ist es auch kein seltenes Vorkommnis, daß man in der H y d r o c e l e n f l ü s s i g k e i t F i l a r i a e m b r y o n e n f i n d e t. Solche Hydrocelenflüssigkeit sieht aber nicht einfach bernsteingelb aus, sondern zeigt eine leicht milchigtrübe opaleszierende Farbe (C h y l o c e l e); auch scheidet sich an der Luft schnell das Fibringerinnsel ab. Untersuchen wir solche Flüssigkeit, so finden wir konstant F i l a r i a e m b r y o n e n darin. Gewöhnlich können wir sie auch im Blute solcher Patienten nachweisen. Nach der Entleerung der Flüssigkeit zeigen sich im Innern des Cavum vaginale eine Anzahl dünnwandige ektasierte Lymphräume, aus welchen fortwährend Lymphe aussickert und der Hydrocelenflüssigkeit die eigentümliche Opaleszenz verleiht. Als Beispiel hierfür sei folgende Krankengeschichte angeführt:



F. Nishisawa, 32 Jahre alt, Kaufmann. (18. IX. 1906). Hydrocele duplex. Patient ist in stark verseuchtem Gebiet von Nagashakiken geboren. Vor 14 Jahren begann, angeblich ohne Trauma oder Tripper, die Anschwellung der beiden Testes.

Status praesens: Die beiden Testes sind mannsfaustgroß angeschwollen, nicht druckempfindlich. Deutliche Fluktuation. Am 19. IX. Operation nach Winkelmann. Die entleerte Flüssigkeit sieht eigentümlich opaleszierend aus und scheidet nach dem Erkalten Fibringerinnsel ab. Dieselben enthalten eine Anzahl lebhaft beweglicher Filariaembryonen. Im Blut lassen sich ebenfalls Embryonen nachweisen. Im Vaginalsack zeigen sich einige durchsichtige papilläre Wucherungen von ektasierten Lymphknoten. —

Was den Infektionsmodus bei der Filariakrankheit anlangt, so wurde er kürzlich von Taniguchi aus Kumamoto eingehend studiert. Er hat nicht nur den Entwicklungsgang der Filariaembryonen im Leibe von Culex- und Anophelesarten genau verfolgt, sondern auch die Übertragung durch den Stich dieser Insekten direkt nachgewiesen und damit die Anschauungen Bancrofts, Lows u. a. bestätigt.

Literatur-Verzeichnis.

Cobbold, *The Lancet.* 1877. Vol. II. p. 495.

Mackenzie, *Ebenda.* 1881. Aug. 27.

Scheube, *Die Krankheiten der warmen Länder.* 3. Aufl. 1903.

Maitland, *Brit. med. Journ.* April 1894. p. 844.

Murata, *Mitteilungen a. d. med. Fakultät der kaiserl. japan. Universität Tokio.* 1887. Bd. I.

Taniguchi, *Beiträge zur biolog. u. klin. Bedeutung d. F. bancrofti Cobbold.* 1905.

Hida, *Tokio med. Zeitschr.* 1903. Nr. 1343.

Kumano, *9. Verhandl. d. Kiuschu med. Gesellsch.* 1900.

Koōno, *1. Kongreßber. der japan. chirurg. Gesellschaft.* 1897.

Leuckart, *Die menschl. Parasiten.* 1876.



Erklärung der Abbildungen.

(Tafel II.)

A. Männliches Tier:

Fig. 1. Kopfteil.
Fig. 2. Unterer Teil des Körpers.
Fig. 3. Schwanzteil.

B. Weibliches Tier:

Fig. 4. Kopfteil.
Fig. 5. Schwanzteil.
Fig. 6. Abgerissener Körperteil in der Nähe des Kopfes mit Millionen von teils intra-, teils extrauterinen Embryonen.
Fig. 7. Entwicklungsgang des Eies. *a* Kopf, *b* Hals, *c* Verdauungskanal, *d* Geschlechtskanal mit grobkörnigen Massen, d^1 plötzlich erweiterter Teil des Geschlechtskanales mit stäbchenförmigen Gebilden, *e* Muskelfaser, *f* Zellen, *g* dicke Wandung des Geschlechtskanales, *h* Entwickelte Spermatozoen, *i* Kloake, *j* kurze Specula, *k* lange Specula, *l* Kloakenöffnung, *m* Geschlechtsöffnung, *n* Uterinschlauch mit Embryonen, n^1 Uterinschläuche mit Eiern, *o* Ei mit Furchungsfigur, *p* Ei mit ausgebildetem Embryo, *q* Ei mit ausschlüpfendem Embryo.



[Aus dem hygienischen Institut der Universität Breslau.]

Über Atoxyl-Behandlung bei Tollwut.

Von

Privatdozent Dr. **Bruno Heymann.**

Angesichts der überraschenden, anscheinend spezifischen Wirkungen, welche das Atoxyl nach den neuerdings in rascher Folge erschienenen Berichten von Thomas[1], Kopke[2], Broden und Rodhain[3], Robert Koch[4], Uhlenhuth und seinen Mitarbeitern[5], Yakimoff[6], Loeffler und Rühs[7], Neisser[8] u. a. auf Trypanosomen- und Spirillenkrankheiten ausübt, erschien es mir nicht ohne Interesse, Versuche darüber anzustellen, ob vielleicht auch das Lyssavirus auf Atoxyl reagierte. Darf doch bei der — trotz Negris schöner Entdeckung — noch immer durchaus dunklen Natur des Tollwuterregers kein Weg unbeachtet bleiben, der zu ihrer Aufklärung führen könnte.

Die Versuche wurden an Kaninchen angestellt, welche mit Virus fixe zumeist vermittelst intramuskulärer Injektionen infiziert waren, und zwar wurde dieser Infektionsmodus bevorzugt, weil er vor Tierverlusten, wie sie bei der subduralen Impfung unvermeidlich sind, schützt, ihr andrerseits aber bei Verwendung größerer Virusmengen an Sicherheit nicht nachsteht.

---

[1] Thomas, *Brit. med. Journ.* 1905. Bd. I.

[2] Kopke, *Vortrag a. d. XV. internat. med. Kongreß.* Lissabon. April 1906.

[3] Broden u. Rodhain, *Archiv für Schiffs- u. Tropenhygiene.* 1906. Bd. X und 1907, Bd. XI.

[4] R. Koch, *Deutsche med. Wochenschrift.* 1906. Nr. 51. — *Ebenda.* 1907. Nr. 1. S. 49.

[5] Uhlenhuth, Gross, Hübener, Woithe, *Arbeit. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte.* 1907. Bd. XVII. — Uhlenhuth, Gross, Bickel, Roscher, Hoffmann, *Deutsche med. Wochenschrift.* 1907. Nr. 2 u. 22.

[6] Yakimoff, *Ebenda.* 1907. Nr. 16.

[7] Loeffler und Rühs, *Ebenda.* 1907. Nr. 34.

[8] A. Neisser, *Deutsche med. Wochenschrift.* 1907. Nr. 38.

Das Atoxyl wurde teils subkutan, teils intravenös, teils per os mittels Schlundsonde in 1 prozentiger oder 10 prozentiger Lösung eingeführt. Die Verabreichung erfolgte zunächst kurz nach der Injektion, dann täglich oder (bei großen Dosen) in gewissen mehrtägigen Intervallen.

Die Dosierung erhob sich von 0·01 bis zu 0·1 grm pro die. Über die Anordnung im einzelnen geben nachstehende Protokolle und Tabellen Aufschluß.

Versuch I. 12 Kaninchen wurden intramuskulär mit je 1 ccm einer konzentrierten Emulsion geimpft, welche aus dem Gehirn eines mit Virus fixe geimpften, schwer erkrankten Kaninchens bereitet war. Zur Behandlung diente eine 1 prozentige Atoxyl-Kochsalzlösung. Dauer und Art der Verabreichung sowie der Krankheitsverlauf gestaltete sich folgendermaßen:

Tabelle I.

	Atoxyl subkutan in grm				Atoxyl intravenös in grm				Atoxyl per os in grm		Kein Atoxyl	
	Kan. Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25. IX.	0·01	0·01	0·01	0·01	0·01	0·01	0·01	0·01	0·05	0·05	—	—
26. IX.	0·01	0·01	0·02	0·02	0·01	0·01	0·02	0·02	0·05	0·06	—	—
27. IX.	0·01	0·01	0·03	0·03	0·01	0·01	0·03	0·03	0·05	0·07	—	—
28. IX.	0·01	0·01	0·04	0·04	0·01	0·01	0·04	0·04	0·05	0·08	—	—
29. IX.	0·01	0·01	0·01	0·01	0·01	0·01	0·01	0·01	0·05	0·09	—	—
30. IX.	0·01	0·01	0·02	0·02	0·01	0·01	0·02	0·02	—	krank	—	—
1. X.	0·01	0·01	0·03	0·03	0·01	0·01	0·03	0·03	—	†	—	—
2. X.	0·01	0·01	0·04	0·04	0·01	0·01	0·04	0·04	—	—	—	—
3. X.	0·01	0·01	0·01	0·01	0·01	0·01	0·01	0·01	—	—	—	—
4. X.	0·01	0·01	0·02	0·02	krank	krank	0·02	0·02	—	—	—	—
5. X.	krank	krank	—	krank	—	—	krank	krank	krank	—	—	—
6. X.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	krank
7. X.	†	—	—	—	†	—	—	—	—	—	krank	—
8. X.	—	—	krank	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9. X.	—	†	—	†	—	†	—	†	—	—	—	—
10. X.	—	—	—	—	—	—	†	—	—	—	—	—
11. X.	—	—	—	—	—	—	—	—	†	—	—	†
16. X.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	†	—
29. X.	—	—	†	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Ergänzend ist zu dieser Tabelle noch zu bemerken, daß die Tiere sämtlich erheblich, oft bis auf zwei Drittel ihres ursprünglichen, stets kontrollierten Körpergewichtes, abmagerten. Bei der Sektion war weder an den inneren Organen noch im Zentralnervensystem Abnormes zu entdecken. Nur bei dem mit hohen Dosen per os behandelten Tier Nr. 10 fanden sich starke Hyperämieen und Blutungen an den Dünndarmschlingen.



Das Ergebnis dieser Versuchsreihe läßt sich kurz dahin zusammenfassen, daß subkutan oder intravenös injiziertes Atoxyl in einer Menge von 0·01 täglich bis zu 0·1 grm innerhalb 4 Tagen in mehrfachem Turnus keinen günstigen Einfluß auf den Ablauf der Krankheit gehabt hat, ja es scheint fast, als ob die mit Atoxyl behandelten Tiere im allgemeinen zu früherer Erkrankung neigten und schneller erlägen als die nicht behandelten. Von den per os behandelten zwei Tieren dürfte das zweite der Intoxikation durch die großen Atoxylmengen zum Opfer gefallen sein. Das andere, mit mäßigen Dosen nur 5 Tage lang behandelte Tier weist denselben Krankheitsverlauf wie die anderen Atoxyltiere auf.

Versuch II. 8 Kaninchen wurden mit einer Emulsion gleicher Art wie in Versuch I und in gleicher Menge intramuskulär geimpft und sämtlich mit subkutanen Injektionen großer Dosen einer 1prozentigen Atoxyllösung folgendermaßen behandelt:

Tabelle II.

	Atoxyl subkutan in grm						Kein Atoxyl	
	Kan. Nr. 13	14	15	16	17	18	19	20
27. IX.	0·1	0·05	0·1	0·05	0·1	0·05	—	—
28. IX.	—	—	—	—	—	—	—	—
29. IX.	0·1	0·05	—	—	—	—	—	—
30. IX.	—	—	0·1	0·05	—	—	—	—
1. X.	0·1	0·05	—	—	0·1	0·05	—	—
2. X.	—	—	—	—	—	—	—	—
3. X.	0·1	0·05	0·1	0·05	—	—	—	—
4. X.	—	—	—	—	—	—	—	—
5. X.	0·1	0·05	—	—	0·1	0·05	—	—
6. X.	—	krank	0·1	0·05	—	—	—	—
7. X.	0·1	†	—	—	—	—	—	—
8. X.	—	—	—	—	—	—	—	—
9. X.	0·1	—	0·1	0·05	0·1	0·05	—	—
10. X.	—	—	krank	krank	—	krank	krank	—
12. X.	—	—	†	—	krank	—	—	krank
14. X.	—	—	—	†	—	†	—	—
16. X.	—	—	—	—	†	—	†	—
17. X.	—	—	—	—	—	—	—	†
20. X.	krank	—	—	—	—	—	—	—

Klinischer Verlauf und Sektionsbefund waren die gleichen wie im Versuch I. Es zeigte sich demnach, daß größere Dosen auch in schnellerer Folge subkutan injiziert keine Wirkung ausüben.

Versuch III. Von 8 Kaninchen wurden 2 (Nr. 21 und 22) subdural mit einigen Tropfen, 6 mit je 3 ccm einer wie in Versuch I und II hergestellten Gehirnemulsion intramuskulär infiziert und mit einer 10prozentigen wäßrigen Atoxyllösung in folgender Weise behandelt:



Tabelle III.

	Atoxyl intravenös in grm						Kein Atoxyl	
	Kan. Nr. 21	22	23	24	25	26	27	28
30. IX.	0·1	0·1	0·1	0·1	0·1	0·1	—	—
1. X.	—	—	—	—	—	—	—	—
2. X.	—	—	—	—	—	—	—	—
3. X.	0·1	0·1	0·1	0·1	—	—	—	—
4. X.	—	—	—	—	0·1	0·1	—	—
5. X.	—	—	—	—	—	—	—	—
6. X.	0·1	0·1	0·1	0·1	—	krank	—	—
7. X.	—	krank	—	—	—	†	krank	—
8. X.	krank	†	—	—	0·1	—	—	krank
9. X.	—	—	0·1	0·1 krank	—	—	†	—
10. X.	†	—	krank	—	—	—	—	—
11. X.	—	—	—	—	krank	—	—	—
12. X.	—	—	†	†	—	—	—	†
13. X.	—	—	—	—	—	—	—	—
14. X.	—	—	—	—	†	—	—	—

Die Versuchsreihe erweist somit, daß auch die intravenöse Injektion größerer Dosen keinen günstigen Einfluß auf den Krankheitsverlauf ausübt.

Nach diesen Mißerfolgen lag es nahe, noch einen Versuch darüber anzustellen, ob denn nicht wenigstens in vitro bei vielstündiger Aufbewahrung von Lyssavirus in Atoxyl eine Einwirkung zustande käme.

Versuch IV. Das Gehirn eines mit Virus fixe geimpften, schwerkranken Kaninchens wurde in zwei symmetrische Hälften geteilt, und die eine mit 5 ccm einer 10 prozentigen Atoxyllösung, die andere mit 5 ccm sterilen Wassers innig verrieben und vor Licht geschützt aufbewahrt. Sodann wurden nach 1, nach 3 und nach 6 Stunden je 1 Kaninchen subdural und intramuskulär mit Atoxylemulsion und eins gleichfalls intramuskulär mit Wasseremulsion geimpft. Das Ergebnis veranschaulicht folgende Tabelle:

Tabelle IV.

Am 12. X. geimpft mit:

	Atoxylemulsion		Wasseremulsion intramuskulär
	subdural	intramuskulär	
Nach 1 Stunde:	† 25. X.	† 23. X.	† 23. X.
„ 3 Stunden:	† 13. X.	krank 30. X.	† 23. X.
„ 6 Stunden:	† 13. X.	† 25. X.	† 22. X.

Die Einwirkung einer 10prozentigen Atoxyllösung bis zu 6 Stunden hat demnach nicht vermocht, das Lyssavirus auch nur abzuschwächen.



Auf Grund dieser Ergebnisse dürfte der Schluß gerechtfertigt sein, daß bei der Lyssa Spirillen oder Trypanosomen eine ätiologische Rolle nicht spielen. Ein um so größeres Interesse darf die neuerdings von Halberstädter und Prowazek[1] aufgestellte Behauptung beanspruchen, daß der Tollwuterreger, zusammen mit den Erregern des Trachoms, des Scharlachs, der Variola, der Vaccine, des Molluscum contagiosum, des Hühnerepithelioms und der Hühnerpest, der Seidenraupengelbsucht und vielleicht der Karpfenpocken zu einer besonderen Gruppe von Mikroorganismen gehöre, welche weder zu den Bakterien noch zu den Protozoen zu rechnen seien. Ihre charakteristische Eigentümlichkeit besteht nach den genannten Autoren darin, daß sie intrazellulär leben und in den Zellen rings um sich spezifische Reaktionsgebilde teils chromatischer, teils nukleolarer Natur hervorrufen, in denen sie dann wie in einem „Mantel" eingehüllt liegen, so daß der Name „Chlamydozoen" für sie in Vorschlag gebracht wird. In der Tat ist die, übrigens schon von Volpino[2] — Negri gegenüber — ausgesprochene Annahme, daß die in den Negrischen Körperchen (mittels der kürzlich von Lentz angegebenen Methode besonders deutlich) darstellbaren Körnchen die Erreger, die „Initialkörperchen" im Sinne Prowazeks[3] seien, das Negrische Körperchen aber nur das Reaktionsprodukt der befallenen Zelle, wohlgeeignet, eine Reihe von Eigenschaften des Lyssavirus, z. B. seine Filtrierbarkeit, zu erklären, die auf dem Boden der Negrischen Auffassung nicht verständlich waren. Das eingehende Studium dieser Elemente ist die nächste und aussichtsvollste Aufgabe der ätiologischen Tollwutforschung.

[1] Halberstädter u. Prowazek, *Deutsche med. Wochenschrift.* 1907. Nr. 32. und *Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte.* 1907. Bd. XXVI.

[2] Volpino, *Archivio per le scienze mediche.* 1904.

[3] Prowazek, *Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte.* 1905. Bd. XXII. 1906. Bd. XXIII.



Über
die Resistenz von Bakterien gegenüber dem Trocknen.

Von

Prof. **M. Ficker**
in Berlin.

Nach den Ergebnissen der neueren epidemiologischen Forschung werden für das Zustandekommen von Infektionen heute in erster Linie und für manche ausschließlich die vom lebenden Organismus direkt ausgehenden Krankheitserreger verantwortlich gemacht.

Hierbei hat sich der Gedanke, die spezifischen Infektionserreger in und nach der Rekonvaleszenz oder bei gesunden als Zwischenträger fungierenden Personen zu suchen, als besonders fruchtbar erwiesen: die Prophylaxe ist dabei, aus diesen Tatsachen wichtige Konsequenzen zu ziehen und manche Fragen in der Übertragung von pathogenen Keimen finden hierin ihre Beantwortung, ja, aus neueren Arbeiten könnte man entnehmen, daß damit beinahe alle epidemiologischen Rätsel ihrer Lösung nahe gerückt sind.

Diese höhere Bewertung der lebenden Wesen als Träger des infizierenden Agens hat naturgemäß eine geringere Einschätzung der Bedeutung der in die Außenwelt gelangenden oder überhaupt an toten Substraten haftenden Infektionsstoffe zur Folge: das äußert sich einmal darin, daß das Interesse für diese rein biologischen Fragen im Niedergange ist — wie selten kann man unter der Hochflut bakteriologischer Publikationen eine entdecken, die hierfür etwas übrig hätte —, ferner aber resultiert daraus der heute schon offen ausgesprochene Zweifel, ob denn die Befreiung toter Objekte von Infektionserregern, so wie wir sie z. B. in der Wohnungsdesinfektion erstreben, wirklich der Prophylaxe die bisher angenommenen hervorragenden Dienste leiste.



So möchte man sich heute beinahe entschuldigen, wenn man dem Verhalten der Bakterien unter äußeren Bedingungen Versuche widmet und die Anschauung vertritt, daß unsere Kenntnisse über die Einflüsse der Außenwelt auf die pathogenen Bakterien noch recht unzulängliche sind. Den Hauptgrund hierfür bilden wohl die Mängel der Methodik ihres Nachweises, die diese Untersuchungen zu so mühevollen machen, daß man anstatt dessen die Fragen durch künstlich geschaffene Versuchsbedingungen zu lösen suchte. Diesen aber ist meist solche Gewalt angetan, daß sich das wechselvolle Bild natürlichen Verhaltens darin nicht widerspiegeln konnte. In späteren Veröffentlichungen will ich zeigen, daß hierher gerade auch solche Arbeiten gehören, deren Ergebnisse als etwas Stereotypes von Autor zu Autor weiter vererbt werden.

Eine der biologisch anziehendsten Fragen ist die des Verhaltens der Bakterien bei Nahrungs- und speziell bei Wassermangel: diese Einflüsse spielen sich in der Natur allenthalben und jederzeit in so verbreitetem Maße ab, daß es wundernehmen muß, weshalb ein wissenschaftlich-systematisches Eingehen auf diese fundamentalen Fragen ausbleibt. Schon früher[1] habe ich darauf hingewiesen, daß die einschlägigen älteren Arbeiten mit ihren widerspruchsvollen Resultaten noch keine sichere Basis für weitergehende Schlüsse abgeben können, und ich habe versucht, einige Bedingungen klar zu legen, welche für den Effekt der Nahrungsentziehung und der Austrocknung maßgebend sind. Seitdem sind einige ähnliche Versuche mit vereinzelten Keimarten vorgenommen worden, aber die damals gewonnenen Erfahrungen haben nicht in ausreichendem Maße Verwertung gefunden, ein weiterer Ausbau der Fragen ist nicht erfolgt: auch hier hinderte das gleichmäßig sichere Fortschreiten, wie so oft in der wissenschaftlichen Hygiene, die Hast und die Sucht, baldigst zu praktisch verwertbaren Resultaten zu kommen. Das gilt leider auch von der Mehrzahl der hier einzureihenden Arbeiten, welche das spezielle Problem der Übertragung von Infektionserregern durch die Luft behandeln, in dem einseitigen Verfolg dieses Problems ist die allgemeine Frage der Haltbarkeit der Bakterien in Hunger- und Trocknungszuständen, wie schon Kirstein[2] in einer vortrefflichen Arbeit erkannte, in den Hintergrund gedrängt worden. Aber gerade diese Frage muß erst nach den verschiedensten Seiten hin in Angriff genommen werden, eine Notwendigkeit, die um so mehr geboten erscheint, als wir neuer-

[1] M. Ficker, Über Lebensdauer und Absterben von pathogenen Keimen. *Diese Zeitschrift.* Bd. XXIX.

[2] F. Kirstein, Über die Dauer der Lebensfähigkeit von Krankheitserregern in Form feinster Tröpfchen und Stäubchen. *Ebenda.* Bd. XXXIX. S. 93.



dings geneigt sind, für die Möglichkeit der Infektion des Respirationsapparates, zu deren Erforschung die Verstäubungsversuche ja angestellt wurden, auch die durch Kontakt auf die Mund-, Rachen- und Nasenschleimhaut aufgenommenen Keime in Betracht zu ziehen: schon aus diesem Grunde muß sich das Interesse auch den an leblosen Gegenständen befindlichen Infektionserregern und ihrer Haltbarkeit wieder zuwenden.

I.

Als ein Mangel muß es empfunden werden, daß wir über die Bedeutung des Aufschwemmungsmediums, innerhalb dessen Bakterien zur Trocknung kommen, nicht genügend unterrichtet sind. Schon aus bisher vorliegenden Einzelbeobachtungen ist abzuleiten, daß für das Ertragen des Wasserverlustes diese Frage oft allein die ausschlaggebende ist, so daß ihr gegenüber sogar die Arteigentümlichkeit der Organismen vollständig zurücktreten kann.

Man wird hierbei unterscheiden müssen, ob die Bakterien innerhalb des Mediums, das ihnen als Nährsubstrat diente, den Schädigungen des Trocknens ausgesetzt sind, oder ob sie losgelöst von ihrem eigentlichen Vegetationsort in irgend einer Suspensionsflüssigkeit den Verlust des Wassergehaltes erleiden. In dieser Hinsicht ist z. B. an die Herstellung von Desinfektionstestobjekten zu denken, wobei ja meist auch von festen Kulturen abgehobene Keime in einer Flüssigkeit suspendiert werden, um dann zum Imprägnieren und Antrocknen verwendet zu werden. Bis in die neueste Zeit hinein wurde hierbei die Beschaffenheit der Suspensionsflüssigkeit als nebensächlich betrachtet und man wunderte sich dann, wenn in den verschiedenen Händen anscheinend gleichwertige Testobjekte bei Desinfektionsversuchen sich ganz verschieden verhielten.

Da bei den Trocknungsversuchen in der geplanten Richtung osmotische Störungen sich besonders geltend machen müssen, so wurde zunächst als Keimart eine relativ impermeable gewählt, und zwar die Choleravibrionen, die sich hier als Indikatoren besonders gut eignen, da wir in dem Peptonwasser ein optimales Mittel zur Prüfung auf Entwickelungsfähigkeit besitzen und da sie ihrer Empfindlichkeit wegen rasch Ausschläge geben; aus dem gleichen Grunde wurde meist als Aufbewahrungstemperatur die dem Wachstumsoptimum entsprechende Gradzahl gewählt, hier ist ja bekanntlich die geringste Tenazität zu erwarten.

Methodik: Von eintägigen Choleraagarkulturen wurden Agarplattenoberflächen mittels Glasspatels so geimpft, daß eine gleichmäßige Haut bei der optimalen Züchtungstemperatur auf den in Plattendosen gehaltenen Kulturschalen entstand. Diese Methode ist der Agarröhrchenzüchtung für



den vorliegenden Zweck vorzuziehen, da hier die qualitativen und quantitativen Differenzen zwischen Mitte und Randzone für vergleichende Untersuchungen störend wirken. Von diesen Plattenoberflächen wurden immer mit derselben Öse gleiche Kulturmengen (ca. 3^{mg}) abgehoben und in je 1^{ccm} der betreffenden Suspensionsflüssigkeit aufgeschwemmt und zerschüttelt, danach Filtration durch Fließpapier (ausgenommen Milch). Von den Filtraten wurden je eine Öse auf die in sterilen Petrischalen befindlichen kleinen — 10^{qmm} — Deckgläschen gebracht. Die Gläschen waren in Chromatmischung (Kaliumdichromat + konz. Schwefelsäure) gereinigt, gewässert und nach Abspülen mit destilliertem Wasser getrocknet und sterilisiert. Sobald die aufgegebenen Tröpfchen in den offenen Schalen bei Zimmertemperatur Lufttrockene erreicht hatten, kamen die mit Oberschale versehenen Platten innerhalb von Schwefelsäurexsikkatoren in den Thermostaten. Schwefelsäureexsikkatoren zog ich vor, weil hier die Trocknung schneller erfolgt; bei Verwendung reiner Schwefelsäure, die nur Glas berühren darf, nicht Metall und das abdichtende Fett, ist die Entwicklung von schädlichen Dämpfen nicht zu befürchten. Die Prüfung auf Lebensfähigkeit geschah durch Übertragen der Deckgläschen in Peptonwasserröhrchen. Es wurden stets zwei Deckgläschen entnommen und zwei Röhrchen beschickt.

Versuch mit 20stündiger Cholerakultur (37°, Stamm Berlin I, Virulenz $^1/_3$ bis $^1/_2$ Öse).

Das destillierte Wasser war, wie in allen folgenden Versuchen, kurz vorher aus Jenaer Glas in Jenaer Glas überdestilliert. Nur die Kochsalzlösung und die Bouillon kamen sterilisiert zur Verwendung. Die letztere war lackmusneutral, vom Rind. Der Urin war ganz frisch, schwach sauer, vom Menschen. Die Milch war Vollmilch, vor ca. 4 Stunden ermolken, bis zum Versuch gekühlt, dann — wie alle Gläschen — auf Zimmertemperatur gebracht. Milchprobe b war dieselbe Sorte, nur kurz aufgekocht. Das Serum war frisches Kaninchenserum (über Nacht im Eisschrank ausgeschieden), Probe b $^1/_2{}^h$ bei 56° inaktiviert. Der Speichel war frisch und durch Papierfilter filtriert.

Aufschwemmungsmedien:

1. Aqua destillata	50′	+	$1^1/_2{}^h$	○
2. Leitungswasser	50′	+	$1^1/_2{}^h$	○
3. 0·85 proz. Kochsalzlösung .	30′	+	50′	○
4. Bouillon	21^h	+	56^h	○
5. Urin	25′	+	30′	○
6. Milch a	56^h	+	72^h	○
7. „ b	56^h	+	72^h	○

8. Serum a	21^h +	56^h	○
9. „ b	21^h +	56^h	○
10. Speichel	4^h +	$7^1/_2{}^h$	○

+ = letztes positives, ○ = erstes negatives Resultat.

Demnach hatten die lufttrockenen jungen Choleravibrionen, die im Urin suspendiert waren, die geringste Lebensdauer, sie liegt zwischen 25 und 30 Minuten. Über hundertmal so lang widerstanden sie in der Milch, wo sie noch nach 56 Stunden lebend und nach 72 Stunden nicht mehr entwicklungsfähig angetroffen wurden. Ein erwarteter Unterschied in dem Verhalten der frischen rohen und erhitzten Milch und des aktiven und inaktiven Kaninchenserums kam bei der gewählten Entnahmezeit nicht zum Ausdruck.

Wie im Urin so unterliegen auch die in physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmten Vibrionen beim Trocknen den Schädigungen sehr rasch, rascher als die in Wasser befindlichen. Es ist von mir schon früher darauf hingewiesen worden, wie gerade den Choleravibrionen gegenüber die Kochsalzlösung schädigend wirkt und daß u. U. bis über 95 Prozent der in physiologische Kochsalzlösung eingegebenen Vibrionen schon beim kurzdauernden Schütteln vernichtet bzw. entwicklungsunfähig werden. Noch immer wird diese Tatsache von vielen Autoren ignoriert, obwohl man schon bei den Choleradiagnosen das Unbeweglichwerden der von den Agarplattenkolonien entnommenen Vibrionen im hängenden Tropfen leicht wahrnehmen kann, sofern man nicht zu große Quanten überträgt. Aber man hat sogar bei quantitativen Versuchen das Cholerakulturmaterial bis in die jüngste Zeit hinein mit der gleichen Lösung verdünnt und zieht aus der Keimverminderung, die mit der Fragestellung gar nichts zu tun hat, weitgehende Schlüsse.

Nächst der Milch bieten Serum und Bouillon den Vibrionen beim Trocknen den besten Schutz. Speichel konserviert sie wider Erwarten nicht so lange. Bei der vorliegenden Versuchsanordnung macht sich ein Unterschied zwischen Leitungs- und destilliertem Wasser nicht geltend. — Es muß auffallen, daß das letztere, welches bekanntlich auf die von einem salzhaltigen Medium her übertragenen Choleravibrionen besonders verderblich wirkt, in diesem Falle ein günstigeres Aufschwemmungsmedium bildete als die Kochsalzlösung, die ja, weil in annähernd gleicher Konzentration, zunächst nicht solche Druckänderungen veranlassen kann wie das salzfreie Wasser. Dabei ist aber zu bedenken, daß die Suspension bei dem vorliegenden Versuche doch eine relativ dichte war, so daß der Konzentrationswechsel (Agarkultur-Wasser) nicht so brüsk vor sich ging. Vielmehr scheint in der Kochsalzlösung dem jungen Zellplasma die



beim Trocknen entstehende stärkste Salzkonzentration, die eine extreme Wasserentziehung bedingt, diese frühe Schädigung zu veranlassen. Daß aber diese durch Verdunstung zunehmende Salzkonzentration nicht allein das Ausschlaggebende sein kann, zeigt z. B. die bessere Haltbarkeit in der ähnlich salzhaltigen Bouillon.

Bei einer zweiten Versuchsreihe wurde der Exsikkator anstatt bei 37° bei 28° gehalten. Zur Verwendung kam ein anderer, etwas virulenterer Cholerastamm (Virulenz $^1/_4$ Öse) Cholera vir. 24^h alt. Als Serum diente Hammelserum. Bei der unter 6 aufgeführten Fäzessuspension handelt es sich um eine durch Papierfilter geschickte wäßrige Verdünnung normalen Stuhls. Der Versuch ist unvollständig, die erste Probeentnahme erfolgte nach 13 Stunden, die Haltbarkeitsgrenzen sind nicht bestimmt. Gleichwohl geht aus der Reihe i. A. eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen der ersten Reihe hervor.

1.	Aqua destillata	13^h +	16^h ○
2.	Leitungswasser	13^h +	16^h ○
3.	Physiologische Kochsalzlösung	13^h ○	
4.	Bouillon	36^h +	48^h ○
5.	Urin	13^h ○	
6.	Fäzes	13^h +	16^h ○
7.	Speichel	13^h ○	
8.	Sterilisierte Milch	24^h +	36^h ○
9.	Hammelserum, frisch . . .	13^h +	16^h ○
10.	„ inaktiv . . .	16^h +	20^h ○

Physiologische Kochsalzlösung, Urin und Speichel schützen am schlechtesten, Wasser schützt wieder besser als Kochsalzlösung; am längsten hielten sich die in Bouillon suspendierten Vibrionen, sogar länger als in Milch (diesmal stark sterilisierte). Im inaktiven Serum war die Lebensdauer beim Trocknen etwas länger als im frischen.

In den folgenden Versuchen sollte geprüft werden, wie die von mehrtägigen Agarkulturen abgehobenen Choleravibrionen die Abnahme des Wassergehaltes beim Eintrocknen in verschiedenartigen Medien ertragen. Von fünf Tage alter, vor Vertrocknen durch Aufbewahren in Plattendose geschützter Agarplatte wurden je zwei Ösen in 1 ccm der Flüssigkeiten suspendiert, vom Filtrat je zwei Ösen so auf kleine Deckgläser gegeben, daß die Tröpfchen einander nicht berührten. Die Milch war kurz aufgekocht. Die lufttrockenen Gläschen kamen dann in den Exsikkator bei 37°.



	Nach 15 Min.
1. Aqua destillata	○
2. Leitungswasser	○
3. Physiologische NaCl-Lösung	○
4. Urin	○
5. Bouillon	○
6. Speichel	○
7. Milch	+

Dasselbe Resultat nach $^1/_2$ und 1 Stunde.

Der Versuch wurde wiederholt und geprüft, ob vielleicht schon vor Übertragen in den Exsikkator ein Absterben erfolgte, die Aufbewahrung erfolgte offen im Zimmer:

	Eben lufttrocken geworden	nach 3′	nach 6′	nach 9′
1. Aqua destillata	+	○	○	○
2. Leitungswasser	+	+	+	○
3. Physiologische NaCl-Lösung	+	+	+	○
4. Urin	+	+	○	○
5. Bouillon	+	+	+	+
6. Speichel	+	+	+	+
7. Milch	+	+	+	+

Die Labilität der älteren Choleravibrionen äußert sich auch in diesen Versuchen wieder. Es interessiert hier weiter das umgekehrte Verhalten der jungen und älteren Kultur in destilliertem Wasser und Kochsalzlösung: während die in destilliertem Wasser suspendierte junge Kultur beim Trocknen länger als die in Kochsalzlösung erhalten blieb, werden die im destillierten Wasser eintrocknenden älteren schwerer geschädigt als im Kochsalz. Das steht im Einklang mit den sonstigen Beobachtungen über die Wirkung von destilliertem Wasser auf das Zellprotoplasma: für die älteren Zellen wirkt das destillierte Wasser ungleich giftiger als für die jüngeren. Man kann sich da vorstellen, daß durch das destillierte Wasser die Eiweißstoffe der alternden Zelle in einen das Weiterleben hindernden Quellungszustand geraten oder daß die plötzliche Störung der Turgeszenz die Tötung herbeiführt, während die junge Zelle mit ihrer elastischen Membran in einer hyposmotischen Lösung der Turgorerhöhung eher gewachsen ist. Gerade hier sehen wir, daß der Einfluß des Aufschwemmungsmediums an zwei Stellen einsetzt: einmal ist dessen Beschaffenheit an sich von Belang und dann muß man fragen, welche Zustände durch die fortschreitende Wasserverdunstung geschaffen werden. Es gibt Medien, bei denen die Hauptschädigung bei der Übertragung der Bakterien von der Kultur in die Suspensionsflüssigkeit



und in dieser selbst stattfindet, hierzu addiert sich dann die Benachteiligung durch den Wasserverlust, die in diesem Falle von geringerer Intensität sein kann, um den tödlichen Effekt zu erzielen, der in einem anderen Falle bei ursprünglich indifferenter Umgebung allein durch die Vorgänge bei der Wassereinbuße herbeigeführt wird. Dazwischen kommen nun alle Übergänge vor. So schädigt die isotonische Kochsalzlösung als Suspensionsmedium die der älteren Kultur entnommenen Vibrionen nicht in dem Maße wie das destillierte Wasser, erst bei der zunehmenden Wasserverdunstung wird hier das Weiterleben unmöglich gemacht, während die jungen Vibrionen von der Kochsalzlösung selbst schon stark alteriert werden.

Auch an diesen Versuch mit der mehrtägigen Kultur wurde ein zweiter Versuch mit einem anderen Cholerastamm angeschlossen. Aufbewahrung des Exsikkators bei 28°.

Cholera vir. 4 Tage 37°. Die erste Entnahme erfolgte nach 14 Stunden.

1.	Aqua destillata	14^h ○	
2.	Leitungswasser	14^h ○	
3.	Physiologische Kochsalzlösung	14^h ○	
4.	Bouillon	24^h +	42^h ○
5.	Urin	14^h ○	
6.	Fäzes	14^h ○	
7.	Speichel	14^h ○	
8.	Milch, sterilisiert	66^h +	
9.	Hammelserum, frisch . . .	14^h ○	
10.	„ inaktiv . . .	14^h ○	

Auch hier schützen Bouillon und Milch als Umgebungsmedien die Vibrionen am längsten, in der trocknenden Milch wurden sie nach 66^h noch lebend angetroffen, was noch nicht einmal die Grenze der Haltbarkeit bedeutet. Es muß auffallen, daß die ältere, im übrigen labilere Kultur in der Milch länger konserviert wird wie die jüngere; in späteren Versuchen, die die Schnelligkeit des Trocknens berücksichtigen, wird hierauf zurück zu kommen sein.

Hervorzuheben ist schließlich noch die in allen Versuchen beobachtete relativ kurze Haltbarkeit der im Speichel eintrocknenden Vibrionen, während ja sonst gerade der Speichelschleim die natürlicherweise eingeschlossenen Bakterien beim Trocknen sehr lange zu schützen vermag. Vielleicht macht es in den vorliegenden Versuchen etwas aus, daß der Speichel filtriert war, so daß die sonst beim Trocknen gewiß Schutz bietenden größeren zelligen Elemente in Wegfall kamen; aber es geht auch aus Versuchen Kirsteins hervor, daß z. B. bei künstlicher Ver-



mischung von Diphtheriebazillen mit normalem Speichel die Haltbarkeit dieser beim Trocknen keine größere war wie z. B. beim Aufschwemmen in Wasser. Daraus können aber praktische Folgerungen zunächst nicht gezogen werden, denn Kirstein verwendete acht Tage lang durch Chloroform sterilisierten Speichel.

Überblickt man die angeführten Beispiele, so lehren sie, wie man es bei ein und derselben Bakterienart in der Hand hat, je nach Wahl des Aufschwemmungsmediums und nach Wahl einer eintägigen oder wenige Tage alten Kultur und Aufbewahrung bei 37° oder 28° beim Trocknen weitauseinander gehende Ergebnisse zu erhalten: so kann der Choleravibrio in destilliertem Wasser beim Trocknen schon in wenigen Minuten zugrunde gehen, beim Antrocknen in Bouillon kann er ca. 700mal, in Milch sogar mindestens 1300mal so lange konserviert werden.

II.

In den voraufgehenden Versuchen waren die Choleravibrionen von Agarnährböden entnommen und in Flüssigkeiten gebracht worden.

Wie verhalten sich nun gegenüber diesen künstlichen Mischungen die in dem gleichen Suspensionsmedium natürlicherweise gewachsenen Vibrionen?

Zum Entscheid dieser Frage ist es nötig, gleichaltrige Individuen und die gleiche Zahl zu benutzen: die Suspensionsdichte muß die gleiche sein, das läßt sich leicht durch quantitative Bestimmung mittels des Plattenverfahrens und direkter Zählung in der Zählkammer ausprobieren.

Als Nährmedien wurden Bouillon und Milch gewählt, die zwanzig Stunden bei 37° nach Impfung gehalten waren. Mit demselben Cholerastamm wurden Agarröhrchen geimpft und nach gleich langer Züchtung bei dieser Temperatur gleich dichte Aufschwemmungen in steriler Bouillon und Milch derselben Art hergestellt, nachdem durch Vorversuche die Quantitätsgleichheit bestimmt war. Die mit je einer Öse beschickten sterilen Deckgläschen kamen alsbald nach dem Lufttrockenwerden in den Exsikkator bei Zimmertemperatur (20 bis 22°).

		gewachsen	suspendiert
1. Bouillon	14^h	+	+
	21^h	○	+
	24^h	○	+
	2 Tage	○	○
	3 Tage	○	○
	4 Tage	○	○



		gewachsen	suspendiert
2. Milch	14^h	+	+
	21^h	+	+
	24^h	+	+
	2 Tage	+	+
	3 Tage	○	+
	4 Tage	○	+
	6 Tage	○	○

Eine zweite Serie derselben Deckgläschen wurde im Zimmer offen aufbewahrt.

		gewachsen	suspendiert
Bouillon	14^h	○	+
	21^h	○	○
	24^h	○	○
Milch	14^h	+	+
	21^h	○	+
	24^h	○	+
	2 Tage	○	+
	3 Tage	○	○
	4 Tage	○	○

Die in steriler Bouillon und Milch suspendierten, der Agarfläche entnommenen Choleravibrionen zeigten sich demnach beim Trocknen haltbarer als die in der gleichen Flüssigkeit zur Entwicklung gebrachten. Man hätte das Umgekehrte erwarten können, da ja die Vibrionen in der letzteren Umgebung nicht noch den Störungen ausgesetzt waren, die das Übertragen in ein fremdes Medium mit sich bringt; indessen sind wohl beim Einbringen in die günstigen Nährlösungen wie Bouillon und Milch diese Alterationen nicht so erheblich wie bei anderen für das Keimwachstum weniger vorteilhaften Medien. Dafür kommen als hindernd und schädigend in der als Kultursubstrat dienenden Bouillon und Milch die ausgeschiedenen und beim Trocknen konzentrierter werdenden Stoffwechselprodukte sowie die erhöhte Alkalinität usf. in Frage, die in der künstlichen Suspension nicht in so reichlicher Menge vorhanden sind, da hier der von dem Agarsubstrat aufgenommene Teil in Wegfall kommt. Daß sich nun aber wieder die in flüssigen Reinkulturen gewachsenen Keime anders verhalten wie z. B. die mit Se- und Exkreten zur Ausscheidung kommenden, werden später mitzuteilende Versuche zeigen.

III.

Noch nicht genügend gewürdigt in der Literatur ist die Frage, wie sich die bei verschiedenen Temperaturen gewachsenen Mikroorganismen gegenüber dem Trocknen verhalten.

Von zwei Tage bei 37°, 22° und 15° in Plattendosen gehaltenen Choleraagarplatten wurden mit der Platinnadel gleiche Quantitäten direkt zu gleichmäßiger, dünner Schicht auf Deckgläschen ausgestrichen, die nun in den Exsikkator bei 37°, 22°, 15° kamen. Da die bei verschiedenen Temperaturen gezüchteten Kulturen nicht vergleichbare Bakterienmengen enthalten, wurden zur Prüfung auf Entwicklungsfähigkeit nicht nur wie sonst zwei Peptonwasserröhrchen mit Deckgläschen beschickt, sondern vier Gläser, denen auch nicht nur ein Deckgläschen, sondern zwei übergeben wurden, das zweite wurde innerhalb des Kulturröhrchens sofort nach Einführen durch Druck auf die übertragende Pinzette zertrümmert, so daß die Schichtseiten nicht aufeinander zu liegen kommen konnten.

		Exsikkator aufbewahrt bei					
		37°		22°		15°	
		Probeentnahme nach		Probeentnahme nach		Probeentnahme nach	
Cholerakultur 2 Tage gezüchtet bei:	37°	18^h	+	2 Tg.	+	4 Tg.	○
		2 Tg.	○	3 Tg.	○	6 Tg.	○
		3 Tg.	○	4 Tg.	○		
				6 Tg.	○		
	22°	18^h	○	2 Tg.	+	4 Tg.	+
		2 Tg.	○	3 Tg.	+	6 Tg.	+
		3 Tg.	○	4 Tg.	+	9 Tg.	○
				6 Tg.	○		
	15°	18^h	○			4 Tg.	+
		2 Tg.	○			6 Tg.	+
		3 Tg.	○			9 Tg.	○

Das wichtigste Ergebnis dieses Versuches ist, daß die bei 37° gezüchtete Cholerakultur, wie auch ein Kontrollversuch bestätigte, sich bei 37° resistenter gegen Trocknen erwies, wie die bei 22° und 15° gewachsenen; andererseits ist sie bei 22° aufbewahrt labiler als die bei niederer Temperatur (22°) gezüchtete; auch bei 15° aufbewahrt sind die bei 37° zur Vegetation gekommenen Vibrionen längst nicht so widerstandsfähig, wie die bei 22° und 15° zur Entwicklung gebrachten.



Es stehen hier also zweifellos Züchtungstemperatur und Fähigkeit, bei verschiedenen Temperaturen das Trocknen zu ertragen, in einem bestimmten Verhältnis. Dabei macht sich nicht, wie erwartet werden mußte, ausschließlich die bei hoher Temperatur rascher, bei niederer Temperatur allmählicher erfolgende Austrocknung geltend. Es zeigt sich, daß die bei 37° gezüchteten und auf der trockneren Agarfläche befindlichen Vibrionen der im Exsikkator bei 37° intensiver einsetzenden Wasserentziehung gegenüber besser gestellt sind als die bei den niederen Temperaturen gewachsenen, die beim Aufbewahren bei einer ihrer Züchtungstemperatur entsprechenden oder nahe gelegenen Temperatur keine so plötzliche Wasserentziehung erfahren; zudem begünstigt die vom Wachstumsoptimum entfernte niedere Temperatur, bei der ja ein Nachlassen vitaler Funktionen erfolgt, ohnehin schon ihren Übergang zur Trockenstarre. Wenn umgekehrt die bei 37° gezüchtete und beim Trocknen bei 37° im Vorteil befindliche Kultur beim Verweilen in dem niedriger temperierten Exsikkator weniger resistent ist, wie die bei diesen niederen Temperaturen gewachsenen Vibrionen, so wird es der Erwägung und der Prüfung wert sein, ob nicht noch in anderer Hinsicht in dem Protoplasma der bei niederen Temperaturen gewachsenen Kulturen Differenzen gegenüber der Zellsubstanz der beim Wachstumsoptimum in raschester Frist entstandenen Formen bestehen, Differenzen, die uns noch verborgen sind und vielleicht viel weitergehende Bedeutung auch für die epidemiologische Forschung besitzen. Es ist nicht bewiesen und biologisch auch gar nicht einmal wahrscheinlich, daß die beim Temperaturoptimum mit größter Wachstumsschnelligkeit entstandene Vegetation im Kampfe mit lebenbedrohenden Noxen in jedem Falle in günstigerer Verfassung ist und alle Fähigkeiten der Art entfalten kann, sowie ja auch bei der Pflanze das Gesamtgedeihen im physiologischen Sinne nicht immer dann ein optimales ist, wenn die üppigste vegetative Entwicklung statthat.

Die mitgeteilten Beobachtungen gehören zu größeren Versuchsreihen, sie bieten daher nichts Vollständiges und lassen eine Verallgemeinerung nicht zu, die um so weniger am Platze ist, als gerade bei den in Rede stehenden Fragen, wie ich zeigen werde, die Spezifität der Protoplasten der einzelnen Bakterienarten deutlich zutage tritt. Gleichwohl möchten die Versuche darauf hinweisen, daß unsere derzeitigen Kenntnisse über die Einwirkung der Außenbedingungen auf Bakterien nicht nur einer Erweiterung fähig sind, sondern sie auch nötig haben.



Über Anwendung chemischer Fällungsmittel bei der Sandfiltration, mit besonderer Berücksichtigung der amerikanischen Schnellfilter.

Von

Prof. Dr. **H. Bitter**, Direktor des staatlichen hygien. Instituts in Cairo.

und

Prof. Dr. **E. Gotschlich**, Direktor des städtischen Sanitätsdienstes von Alexandrien.

Historisches.

Obgleich das Verfahren der Sandfiltration schon seit etwa 80 Jahren im großen in der Praxis der Trinkwasserreinigung angewendet wird, so sind doch die Gesetze seiner Wirksamkeit erst verhältnismäßig spät, vor allem durch die klassischen Untersuchungen Piefkes[1] klargelegt worden. Zunächst hatte man ja bei der ersten Einführung der Sandfilter (in England) kein anderes Ziel, als die rein mechanische Retention von suspendierten Stoffen, die Klärung des Wassers, vor Augen; viel später erst lernte man die ungleich wichtigere Wirksamkeit der Sandfiltration bezüglich ihres bakteriologischen Reinigungseffektes kennen, nachdem man überhaupt erst durch die Forschungen R. Kochs über die Ätiologie und Verbreitungsweise der asiatischen Cholera auf die Bedeutung der Trinkwasserversorgung für die Verbreitung und Verhütung einiger der wichtigsten Infektionskrankheiten (Cholera und Typhus) so recht aufmerksam geworden war. Diese aktuell gewordene Erkenntnis drängte naturgemäß zu der Frage, inwieweit und unter welchen Bedingungen die Sandfiltration — das einzige für den Großbetrieb wirklich brauchbare Filtersystem — gegen die von infektionsverdächtigem Rohwasser drohenden

[1] C. Piefke, *Mitteilungen über natürl. u. künstl. Sandfiltrationen.* Berlin 1881. — *Diese Zeitschrift.* 1889. Bd. VII; 1894. Bd. XVI. — Derselbe, Schillings *Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung*, 1887. Bd. XXX.



Gefahren Schutz verleihen könne. Diese Frage ist durch die bekannten Versuche von C. Fränkel und Piefke[1] gelöst worden und zwar in so eindeutiger und vollständiger Weise, daß die damals — vor nunmehr fast 2 Jahrzehnten — gewonnenen Erkenntnisse auch heute noch in allen wesentlichen Punkten Gültigkeit haben und inzwischen keiner irgend erheblichen Vervollständigung oder Berichtigung unterworfen gewesen sind. Wenn wir, zum besseren Verständnis der folgenden Erörterungen, die Grundzüge der Theorie der Sandfiltration hier rekapitulieren dürfen, so steht an erster Stelle die Erkenntnis, daß die filtrierende Wirkung nicht etwa dem Sande selbst zukommt (etwa im Sinne einer rein mechanischen Siebwirkung), sondern der sogen. Filterhaut, einer auf der Oberfläche und in den obersten Schichten des Sandes durch die Sinkstoffe, Bakterien und Algen, des Rohwassers gebildeten Schleimschicht, welcher die Sandkörner nur als mechanische Stütze dienen. Die richtige Ausbildung und Intakterhaltung dieser Filterhaut ist die Conditio sine qua non für die Wirksamkeit des Filters. Die Bildung dieser eigentlich filtrierenden Schicht wird durch die natürliche Sedimentation der Sinkstoffe des Rohwassers auf der Oberfläche des Filtersandes eingeleitet; anfangs ist dieselbe ein sehr wenig widerstandsfähiges und dementsprechend nur wenig leistungsfähiges Gebilde, während mit zunehmendem Alter, durch den Fortgang der Filtration selbst, sowie durch das Wachstum von Bakterien und Algen auf dem Filter die oberflächliche Schicht sich immer mehr verdickt und verfilzt und damit der bakteriologische Reinigungseffekt immer vollkommener wird, wobei allerdings die Poren des Filters mehr und mehr verstopft werden, und die quantitative Ergiebigkeit des Filters immer mehr zurückgeht. Zwar läßt sich durch entsprechende Steigerung des auf dem Filter lastenden Wasserdruckes die Menge des gelieferten Filtrates eine Zeitlang auf konstanter Höhe erhalten; doch sind einer zu weitgehenden Drucksteigerung sehr bald Grenzen gesetzt, indem dann die Filterhaut einreißt und ungenügend filtriertes Wasser durch das Filter passiert. Um ein solches Vorkommnis, welches die verhängnisvollsten Folgen nach sich ziehen könnte (Infektion des Reinwasserbehälters!) zu vermeiden, bleibt nichts übrig, als das Filter bei Erreichung einer bestimmten Druckhöhe, jenseits welcher erfahrungsgemäß Verletzungen der Filterhaut zu befürchten sind, anzuhalten und durch mechanische Entfernung der obersten verschlemmten Sandschicht wieder durchlässig zu machen. Natürlich bedarf das so gereinigte Filter wieder einer gewissen Zeit zur Ausbildung einer neuen leistungsfähigen Filterdecke, womit das Spiel von neuem beginnt und so fort. Anfang und Ende jeder Arbeits-

[1] C. Fränkel u. Piefke, *Diese Zeitschrift.* 1890. Bd. VIII.



periode sind also Zeiten, in denen ein Durchtritt der Bakterien des Rohwassers besonders zu befürchten steht; aber auch während der gesamten Dauer der Filterperiode und bei vollständig normaler Ausbildung der Filterhaut ist die Retention der Bakterien des Rohwassers nie eine absolute, wie zuerst Fränkel und Piefke in einwandfreier Weise durch Versuche mit spezifischen (dem Rohwasser absichtlich zugesetzten) Keimen nachweisen konnten; immerhin ist, bei strenger Einhaltung aller für die normale Tätigkeit des Filters wesentlichen Bedingungen, die Zahl der das Filter passierenden Keime im Verhältnis zur ursprünglichen Ziffer derselben im Rohwasser eine so geringe (in Piefkes Versuchen etwa 1 : 3000), daß der dadurch gewährte Schutz gegen Infektionsgefahr praktisch völlig ausreicht. Um nur ein Beispiel zu nennen, in dem die Sandfiltration gleichsam ihre Feuerprobe und zwar unter den schwierigsten Verhältnissen bestanden hat, so sei hier nur der Tatsache gedacht, daß Altona, dank seiner gut geleiteten Sandfilter im Jahre 1892 von der Cholera so gut wie völlig verschont blieb, während im benachbarten Hamburg, wo die Wasserleitung unfiltriertes Elbwasser führte, viele Tausende der Seuche zum Opfer fielen! Zum Zustandekommen einer wirksamen Filtration sind aber, wie gesagt, ganz bestimmte Bedingungen unerläßlich, deren sorgfältige Einhaltung durch eine fortlaufende tägliche Kontrolle des Filterbetriebes gewährleistet sein muß; die Grundsätze dieser Kontrolle, die zuerst von R. Koch[1] aufgestellt und später amtlich für das deutsche Reich einheitlich geregelt worden sind, haben sämtlich auf die richtige Ausbildung und intakte Erhaltung der Filterhaut — als des eigentlichen vitalen Teiles des Filters — Bezug. So die durch besondere Reguliervorrichtungen zu bewirkende Einhaltung einer gleichmäßigen 100 ^{mm} pro Stunde nicht überschreitenden Filtrationsgeschwindigkeit (entsprechend einer maximalen Lieferung von 2·4 ^{cbm} Filtrat pro Quadratmeter Filterfläche und binnen 24 Stunden) — indem jede (inbesondere jede plötzliche) Änderung der Geschwindigkeit durch die dabei stattfindenden Druckschwankungen den Bestand der Filterhaut gefährdet —; so die Begrenzung der maximalen zulässigen Druckhöhe auf 80 ^{cm}; so vor allem die Forderung, das Filtrat der ersten Tage nach erfolgter Reinigung des Filters so lange vom Konsum auszuschließen, bis dasselbe bei der bakteriologischen Untersuchung als einwandfrei befunden wird und damit der Beweis für die erfolgte Ausbildung einer leistungsfähigen filtrierenden Decke geliefert ist; endlich die Vorschrift der täglichen bakteriologischen Untersuchung jedes einzelnen Filters, um etwa eintretende Störungen rechtzeitig erkennen und ausschalten zu

[1] R. Koch, *Diese Zeitschrift.* 1893. Bd. XIV.



können, wobei als zulässige Grenzzahl die Ziffer von 100 Keimen pro Kubikzentimeter (bei makroskopischer Zählung) normiert wurde, — eine Grenzzahl, die obgleich willkürlich, doch für die Praxis zweckmäßig gewählt ist, wie wir das auch für unsere eigenen Versuche bestätigt sehen werden.

Nachdem diese Regeln für die Wasserfiltration sich allgemein bewährt hatten, und andererseits in einer Reihe von Fällen die Entstehung von Cholera- und Typhusepidemien auf Unregelmäßigkeiten im Filterbetrieb unzweifelhaft zurückgeführt werden konnte, muß es auf den ersten Blick hin als sehr auffallend erscheinen, daß bei einem bestimmten Konstruktionstypus des Sandfilters, der im letzten Dezennium in Nordamerika ausgebildet worden ist und daselbst die weiteste Verbreitung erlangt hat, dem sogen. „amerikanischen“ oder „Schnellfilter“, vollständig andere Verhältnisse zulässig sind; insbesondere fällt die quantitative Leistung dieses Systems — wie schon der Name „Schnellfilter“ besagt —, so weit außerhalb der Grenzen des bei der europäischen langsamen Sandfiltration Erlaubten, daß der Widerspruch zwischen der altbegründeten Lehre und der amerikanischen Neuerung kaum zu überbrücken scheint; werden doch beim amerikanischen Schnellfilter Geschwindigkeiten für zulässig erklärt, die 40 bis 50 mal höher sind als beim alten System! Allerdings besteht ja auch ein fundamentaler Unterschied zwischen den beiden Systemen der Sandfiltration gerade in dem Punkte, den wir als ausschlaggebend für das Wesen der Filtration erkannt und dementsprechend als Angelpunkt aller unserer vorangegangenen Erörterungen gewählt haben, nämlich in der Beschaffenheit der Filterhaut; während die Ausbildung derselben beim europäischen System der langsamen Sandfiltration lediglich der natürlichen Sedimentation des Rohwassers überlassen bleibt, — wird beim amerikanischen Schnellfilter die filtrierende Deckschicht in unvergleichlich sicherer und wirksamer Weise, und vor allem auch viel schneller, auf künstlichem Wege durch chemische Vorbehandlung des Rohwassers mit Fällungsmitteln (schwefelsaurer Tonerde) erzeugt, wobei der entstehende voluminöse kolloide Niederschlag sich auf dem Filtersand ablagert und hier in kürzester Frist eine ungleich leistungsfähigere Filterhaut bildet, als sie unter den schwankenden und völlig unkontrollierbaren natürlichen Verhältnissen für sich allein hätte zustande kommen können. Die Möglichkeit einer solchen künstlichen Deckenbildung und sogar die hervorragend geeignete Verwendbarkeit des Tonerdehydrats zu diesem Zweck, war zwar schon von Piefke vor über 20 Jahren ins Auge gefaßt worden; doch fanden diese höchst beachtenswerten Anregungen für das europäische System der langsamen Sandfiltration keine Anwendung, vor allem wohl deshalb, weil kein zwingendes Bedürfnis dafür vorlag; war



doch — wenigstens so weit uns bekannt — in Europa nie der Fall eingetreten, daß bei einem gegebenen Rohwasser die natürliche Bildung der Filterdecke gänzlich versagt hätte und damit die Anwendung der altbewährten langsamen Sandfiltration unmöglich gemacht worden wäre. Dieser Fall aber lag in Nordamerika für eine ganze Reihe von Flußwässern vor und hatte daselbst (neben ökonomischen Erwägungen, insbesondere betreffs Ersparnis an filtrierender Fläche) im wesentlichen zur Ausbildung eines neuen Systems, eben des amerikanischen Schnellfilters, geführt. Die Schwierigkeit besteht bei diesen Rohwässern in dem Vorhandensein einer außerordentlich feinen Suspension kleinster Tonteilchen, die fast gar keine Tendenz zur natürlichen Sedimentierung zeigen; die Folge davon ist einerseits ganz ungenügende Ausbildung einer filtrierenden Decke mit entsprechend völlig unbefriedigender bakteriologischer Leistung und andererseits trübe Beschaffenheit des Filtrates. Derselben Schwierigkeit gegenüber befand sich Bitter, als er im Jahre 1894 sich vor die Aufgabe gestellt sah, eine Filteranlage für Alexandrien zu projektieren; das Nilwasser (bzw. das Wasser des vom Nil stammenden und bei Alexandrien mündenden Mahmudiehkanals — was übrigens praktisch genau auf dasselbe hinauskommt) erwies sich für die in Europa altbewährte Methode der Sandfiltration schlechthin unzugänglich. Da damals die amerikanische Schnellfiltration — wenigstens was ihre Anwendung zur städtischen Trinkwasserversorgung betrifft — sich noch im ersten Versuchsstadium befand, so kam ihre Anwendung für Alexandrien vorderhand nicht in Frage. Bitter versuchte vielmehr, auf dem von Piefke angeregten Wege der künstlichen Deckenbildung das europäische System, der langsamen Sandfiltration für das Nilwasser brauchbar zu machen, und gelangte zu einer durchaus befriedigenden Lösung der Frage durch Vorbehandlung des Rohwassers mit Kaliumpermanganat, und zwar in der minimalen Dosis von 1 bis 1·5 ^{grm} pro Kubikmeter Rohwasser. Die von Bitter begonnenen Versuche wurden von E. Gotschlich (vom Herbst 1896 ab) fortgesetzt und das definitive Ergebnis war ein so günstiges, daß die städtische Verwaltung von Alexandrien die Einrichtung eines Filterwerkes für 36000 ^{cbm} Tageslieferung nach dem System der langsamen Sandfiltration mit Vorbehandlung des Rohwassers nach dem Permanganatverfahren beschloß. Das Projekt war bis in die kleinsten Details ausgearbeitet und die Nivellierungsarbeiten auf dem für die Errichtung des Filterwerkes bestimmten Terrain bereits beendet, als die Stadtverwaltung im Jahre 1902 seitens der „Jewell Export Filter Co." das Angebot erhielt, mit einer Versuchsanlage des amerikanischen Systems auf Kosten der genannten Gesellschaft Filterversuche anstellen zu lassen; diese von beiden Verfassern in Gemeinschaft mit Herrn E. A. Gieseler,



Oberingenieur der genannten Gesellschaft, geleiteten Versuche fielen dann so zufriedenstellend aus, daß wir nicht zögerten, das neue System — wenigstens für die hierorts obwaltenden Verhältnisse — als dem früheren Projekt unbedingt überlegen zu erklären, worauf dann in der Tat die Behörde die Ausführung einer Filteranlage nach amerikanischem System für eine Tagesleistung von 36000 ^{cbm} beschloß. Diese Anlage funktioniert unter beständiger bakteriologischer Kontrolle (Gotschlich) seit nunmehr über 2 Jahren zu vollster Zufriedenheit und ist inzwischen schon auf eine Leistungsfähigkeit von 40000 ^{cbm} pro Tag erweitert worden.

Das Beispiel der Vorarbeiten zur Wasserversorgung Alexandriens weist also die interessante Tatsache auf, daß unter Verhältnissen, bei denen das europäische System der langsamen Sandfiltration in seiner ursprünglichen Gestalt nicht in Betracht kommen konnte, eine Lösung auf dem Wege der chemischen Vorbehandlung des Rohwassers zwecks Vorklärung und künstlicher Deckenbildung auf dem Filter möglich war, und zwar in zweifacher Form: entweder in Verbindung mit langsamer Sandfiltration (Permanganatverfahren) oder in Verbindung mit Schnellfiltern (Jewell-Filter). Wir besprechen im folgenden die Einzelheiten beider Systeme; wenn auch das auf dem Permanganatverfahren basierte Projekt schließlich nicht zur Ausführung gelangt ist, so lag das doch nur an äußeren Gründen, und jedenfalls war es doch das erste Mal, daß eine Filteranlage für städtische Trinkwasserversorgung auf der Basis der langsamen Sandfiltration mit künstlicher Deckenbildung überhaupt entworfen wurde, wie es auch das erste Mal war, daß mit diesem System Versuche im großen und mit befriedigendem Resultat angestellt worden sind. Es ist nicht unmöglich, daß das Permanganatverfahren bei schon bestehenden Filteranlagen mit Vorteil verwendet werden könnte, was ohne erhebliche Änderungen und Kosten zu bewerkstelligen wäre.

I. Anwendung chemischer Vorklärung und künstlicher Deckenbildung bei der langsamen Sandfiltration.

(Bitters Permanganatverfahren.)

Die klärende und auflockernde Wirkung des $KMnO_4$ auf das Rohwasser erklärt sich dadurch, daß das Permanganat bei Anwesenheit organischer Stoffe zwecks Oxydation dieser letzteren Sauerstoff abspaltet und sich in MnO_2 verwandelt; dieser letztere, im Wasser fast völlig unlöslich, fällt aus und reißt dabei die feinsten Tonteilchen mit sich zu Boden; im langsamen Niedersinken vergrößern sich die ausgeflockten Teilchen durch Oberflächenanziehung benachbarter Tonteilchen mehr und mehr, so daß

schließlich die Gesamtmasse des sedimentierten Tons um ein Vielfaches größer ist als die angewandte minimale Permanganatmenge. Die chemische Umsetzung des Permanganats in unlösliches Manganoxyd leitet offenbar nur den Prozeß ein, während dann noch viele Stunden nach beendigter Umsetzung die mechanische Ausflockung weiter fortgeht. Man kann dies sehr deutlich beobachten, wenn man den ganzen Prozeß in einem Glaszylinder verfolgt; die ursprünglich schwach rosa Färbung des mit 1 mg $KMnO_4$ pro 1 Liter versetzten Rohwassers schlägt schon nach etwa drei Stunden in eine gelbliche Nuance um; auch ist in der bisher homogen getrübten Flüssigkeit die beginnende Ausflockung zu erkennen: zuerst nur spurweise mit der Lupe, später jedoch in Gestalt größerer (über 1 mm im Durchmesser haltender) voluminöser Flocken; die völlige Klärung ist erst nach 24 bis 48 Stunden beendet.

In der Praxis haben wir eine 12- bis 24stündige Dauer des Dekantationsprozesses als ausreichend befunden; die Klärung erfolgte entweder in ruhendem Wasser in besonderen Klärbassins, deren in unserer Versuchsanlage zwei zur Verfügung standen und alternierend benutzt wurden — (während sich in dem einen Bassin die Klärung vollzog, diente das andere unterdessen der Speisung des Filters) — oder in kontinuierlichem Betrieb in strömendem Wasser, wobei dasselbe Klärbassin dauernd an dem einen Ende das Rohwasser empfing und am andern Ende das geklärte Wasser an das Filter abgab; zu letzterer Versuchsanordnung diente uns der Zuleitungskanal der hiesigen Wasserwerke, ein offener Wasserlauf von etwa 800 m Länge und etwa 25 qm Profil, in welchem das für die damaligen höchst mangelhaften Sandfilter der Stadt bestimmte Rohwasser — im ganzen etwa 20000 cbm täglich — der Behandlung mit Permanganat unterworfen wurde. Natürlich war dieses derartig für kontinuierlichen Betrieb improvisierte Klärbassin sehr primitiver Natur; immerhin war (bei einer Strömungsgeschwindigkeit von etwa 9 mm pro Sekunde) innerhalb 24 Stunden stets ein vollständig ausreichender Kläreffekt zu erreichen; diese Feststellung ist von praktischem Interesse, weil sie beweist, daß der Permanganatprozeß leicht mit ganz einfachen Mitteln überall improvisiert werden kann und daher seine nachträgliche Einführung an schon bestehenden Filterwerken zwecks Verbesserung des Filtrationseffektes sich ohne große Kosten bewerkstelligen ließe.

In unserer Versuchsreihe I (vgl. Tabelle I und Fig. 2) haben wir die Klärung in besonderen Bassins in diskontinuierlichem Betrieb (Sedimentationsdauer 12 Stunden) angewandt, während in Versuchsreihe II (vgl. Tabelle II und Fig. 3) die Dekantation in kontinuierlichem Betriebe in dem schon genannten offenen Kanale stattfand. —

Tabelle I.

Wasserfiltration mit „Permanganatprozeß“.

Versuchsreihe I (ursprüngliche Form des Piefkeschen Regulators).
Vgl. auch Figur 2.

Datum	Filterdruck in cm	Filtrationsgeschwindigkeit (mm pro Stde.)	Bakterien in 1 ccm: Rohwasser	Wasser nach Abklärung mit $KMnO_4$	filtriertem Wasser
30. Oktober 1896[1]	1·5	112·7	760	746	50
31. „	1·1	95·5	1282	386	33
1. November	2·0	119·3	990	644	25
2. „	2·1	131·3	1080	752	29
3. „	2·3	138·2	760	536	37
4. „	2·6	131·3	794	382	33
5. „	2·5	121·0	586	259	22
6. „	2·7	134·7	1294	355	25
7. „	2·75	122·1	716	375	18
8. „	2·9	131·3	944	703	44
9. „	3·2	138·2	1315	651	35
10. „	3·5	138·2	1108	501	27
11. „	3·75	128·1	1292	498	28
12. „	4·8	134·6	—	—	32
13. „	5·8	135·3	—	—	25
14. „	—	—	—	—	—
15. „	8·1	131·3	996	566	21
16. „	8·9	123·3	748	1728	40
17. „	11·0	123·3	672	730	59
18. „	12·2	126·2	1200	1012	92
19. „	12·2	113·6	668	788	12
20. „	13·9	113·2	1262	2144	38
21. „	17·8	131·3	1024	584	33
22. „	—	—	—	—	—
23. „	24·2	116·7	1174	444	—
24. „	—	—	984	332	25
25. „	34·0	—	1142	866	42
26. „	37·0	—	894	258	17
27. „	47·2	131·3	2120	924	11
28. „	52·7	131·3	1592	302	15
29. „	58·0	131·3	1488	504	26
30. „	61·7	112·6	14430	958	11
1. Dezember	70·0	121·0	5208	1560	17
2. „	79·4	164·1	ca. 30000	5070	78

[1] Filter schon seit etwa 3 Wochen im Betrieb.



Tabelle II.

Wasserfiltration mit „Permanganatprozeß“.

Versuchsreihe II (modifizierte Form des Piefkeschen Regulators: Teleskoprohr für Filterauslauf). Vgl. auch Figur 3.

Datum	Filterdruck in cm	Wasserhöhe auf dem Filter	Filtrationsgeschwindigkeit (mm pro Stde.)	Bakterien in 1 ccm		Bemerkungen
				Rohwasser	filtriertem Wasser	
26. Dezbr. 1896	2·1	57·35	71·5	742	840	Filter am 26. Dezbr. [in Betrieb gesetzt] nach vorhergegangener Reinigung [—]. Zweimal. Abklärung des Rohwassers: im Zuleitungskanal und im Klärbassin.
27. „	3·0	57·8	80·8	1072	416	
28. „	3·7	58·15	98·3	508	780	
29. „	—	—	—	—	—	
30. „	—	—	—	—	—	
31. „	5·0	58·8	106·7	651	71	
1. Januar 1897	5·2	58·9	106·7	579	105	Vom 1. Jan. ab nur Abklärung im Zuleitungskanal; Ausschaltung des Klärbassins.
2. „	5·0	58·8	105·0	1667	73	
3. „	—	—	—	—	—	
4. „	—	—	—	—	—	
5. „	4·0	58·3	101·7	1985	30	
6. „	4·0	58·3	107·6	12107	309	
7. „	3·95	58·2	98·3	1842	224	
8. „	4·2	58·4	106·7	1555	267	
9. „	5·8	59·2	105·0	1976	298	
10. „	—	—	—	—	—	
11. „	5·6	59·1	—	—	—	
12. „	—	—	—	—	—	
13. „	5·2	58·9	105·0	400	—	
14. „	5·2	58·9	101·7	637	25	
15. „	5·6	59·1	105·0	—	47	Am 15. Jan. Bildung einer künstlichen Filterdecke durch Dekantation mittels Permanganat im Filterbecken selbst.
16. „	5·4	59·0	32·5	1434	75	
17. „	5·9	59·25	103·0	842	162	
18. „	5·8	59·2	109·6	980	115	
19. „	—	—	—	2163	67	
20. „	6·4	59·5	105·0	—	50	
21. „	6·4	59·5	101·7	2880	32	
22. „	7·4	60·0	101·7	2370	14	
23. „	8·1	60·35	100·0	1698	39	
24. „	9·5	61·05	98·4	1050	38	



Tabelle II. (Fortsetzung.)

Datum	Filterdruck in cm	Wasserhöhe auf dem Filter	Filtrations-geschwindigkeit (mm pro Stde.)	Bakterien in 1 ccm		Bemerkungen
				Roh-wasser	filtriertem Wasser	
25. Januar 1897	12·6	62·6	101·8	2495	38	
26. „	13·0	62·8	103·8	476	31	
27. „	14·8	63·7	105·0	755	29	
28. „	15·2	64·1	101·0	912	38	
29. „	17·2	64·9	97·2	382	21	
30. „	17·0	64·8	105·0	668	13	
31. „	15·0	63·8	104·2	1000	38	
1. Februar	15·3	64·0	103·5	—	—	
2. „	18·4	65·5	108·5	—	—	
3. „	17·0	64·8	109·4	968	34	
4. „	—	—	—	1174	32	
5. „	20·4	66·5	109·4	598	29	
6. „	19·8	66·2	109·4	680	22	
7. „	18·4	65·5	109·4	852	50	
8. „	18·7	65·7	101·0	711	25	
9. „	17·0	64·8	108·5	790	12	
10. „	18·4	65·5	110·3	440	23	
11. „	18·0	65·3	—	406	12	
12. „	18·0	65·3	109·4	792	30	
		Erhöhte Filtriergeschwindigkeit.				
13. „	20·8	66·7	143·5	612	30	
14. „	25·0	68·8	158·0	835	31	
15. „	26·2	69·4	—	—	—	
16. „	24·2	68·4	143·5	451	22	
17. „	28·6	70·8	160·1	580	29	
18. „	33·4	73·0	168·0	531	22	
19. „	37·8	75·2	190·3	572	29	
20. „	41·0	76·8	168·0	286	11	
21. „	44·0	80·5	156·0	644	21	
22. „	46·4	82·9	168·3	268	42	
23. „	47·8	83·8	188·0	350	5	
24. „	47·0	83·8	175·1	380	22	
25. „	49·0	84·6	179·9	412	32	

Versuch abgebrochen.

Wenn nun das Wasser aus dem Klärbassin auf das Filter gelangt, so hat es betreffs seines Gehaltes an suspendierten Stoffen eine wichtige Veränderung in doppeltem Sinne erfahren: **erstens** ist ein großer Teil der Schwimmstoffe im Klärbassin abgesetzt worden, das Wasser ist also viel durchsichtiger und leichter filtrierbar, verstopft das Filter nicht so schnell und gestattet daher viel längere Arbeitsperioden; **zweitens** sind die im geklärten Wasser immer noch enthaltenen Tonteilchen nicht mehr in jener feinsten jedes Sandfilter passierenden Suspension enthalten wie das im Rohwasser der Fall war, sondern sie sind zu Verbänden **agglutiniert** und werden durch das Filter zurückgehalten. Beide Effekte stellen natürlich nicht etwa zweierlei verschiedene Wirkungen des Permanganatprozesses dar, sondern es ist ein und derselbe **Ausflockungsvorgang**, der — soweit schon im Dekantationsbassin abgeschlossen, als **Klärung** — soweit noch auf dem Filter sich fortsetzend, als **Deckenbildung** in Erscheinung tritt. Nun ist es sehr bemerkenswert und bezeichnend für

Experimentier-Filter (langsame Sandfiltration) mit Regulator nach Piefke (und mit späterer Modifikation der Regulier-Vorrichtung).

Regulierkammer (am Filterzufluß)

Filter

Meßkammer (am Filterausfluß)

Fig. 1.



die unüberwindlichen Schwierigkeiten die sich einer geordneten Filtration des unbehandelten Nilwassers entgegenstellen, daß die Deckenbildung auch mit Hilfe des dekantierten Wassers nicht — oder wenigstens nicht immer — in befriedigender Weise spontan erfolgt, sondern daß es am Anfang einer neuen Arbeitsperiode einer künstlichen Deckenbildung auf dem Filter selbst bedarf. Leider sind unsere Aufzeichnungen über

Wasserfiltration mit „Permanganatprozeß".

Versuchsreihe I

(ursprüngliche Form des Piefkeschen Regulators).

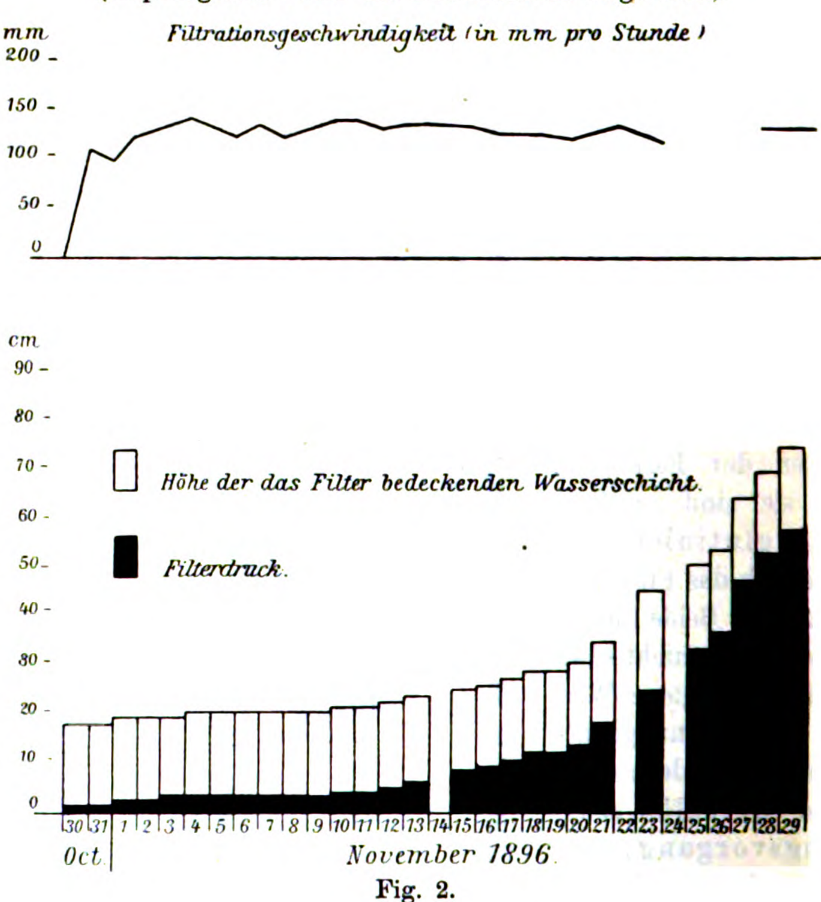


Fig. 2.

den Anfang der Versuchsreihe I verloren gegangen; der Beginn unserer Tabelle (30. Oktober 1896) fällt schon in eine Zeit, in der das Filter völlig eingearbeitet war, d. h. etwa drei Wochen nach dem Anfang einer neuen Arbeitsperiode. Versuchsreihe II dagegen ist vollständig wiedergegeben und zeigt deutlich die großen Schwierigkeiten, die sich der spontanen Ausbildung einer leistungsfähigen Filterhaut entgegensetzen; zwar ist die

Zahl der Bakterien im Reinwasser schon am sechsten Tage nach Inbetriebsetzung des Filters unter 100 herabgegangen, doch ist die filtrierende Decke offenbar noch von sehr geringer Widerstandsfähigkeit, wie sich eine Woche später bei plötzlicher Keimzunahme im Rohwasser zeigt; sogleich geht der Keimgehalt des Filtrats wieder bis auf 300 hinauf! Da auch nach weiteren vier Tagen keine Besserung abzusehen ist, so

Wasserfiltration mit „Permanganatprozeß“.

Versuchsreihe II

(modifizierte Form des Piefkeschen Regulators). [Teleskop-Auslaufsrohr.]

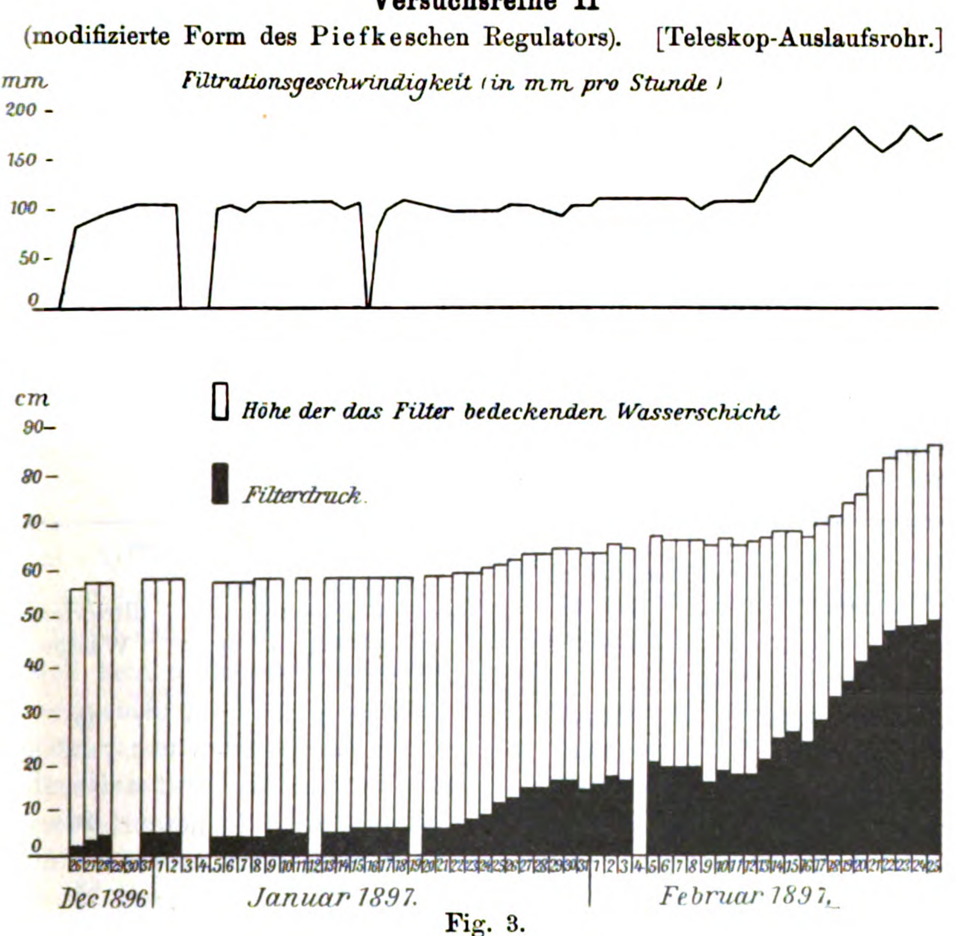


Fig. 3.

wird schließlich ein direkter Eingriff zur künstlichen Erzeugung einer Filterdecke unternommen, indem das Rohwasser auf dem Filter selbst während 24 Stunden der Behandlung mit Permanganat unterworfen wird (wobei natürlich das Filter nicht arbeitet). Diesmal ist der Erfolg — vom dritten Tage an nach der künstlichen Deckenbildung — ein vollständiger; von da ab hält sich der Bakteriengehalt

des Filtrats während der ganzen noch über einen Monat betragenden Versuchsdauer unter 100, ja abgesehen von den ersten zwei Tagen unter 50 Keimen pro Kubikzentimeter und das Filter ist gegen die bedeutenden Schwankungen des Keimgehalts des Rohwassers völlig unempfindlich geworden; vgl. hierzu insbesondere auch Tabelle I, wo erst am letzten Tage der Versuchsreihe I, infolge Annäherung an die Grenze des erlaubten Druckes (80 cm), das Filter etwas — aber immer noch in geringem Grade — auf die plötzliche Steigerung der Keimzahl im Rohwasser reagiert. Einmal ausgebildet — erweist sich also die Filterhaut als sehr widerstandsfähig gegenüber plötzlicher Verschlechterung des Rohwassers — wie sie hier im Winter bei Sturm und Regen durch Aufwühlung und Hineinspülen des Uferschlammes leicht zustande kommt; dies gilt auch betreffs der Trübung; gelegentlich waren wir genötigt, noch ganz ungenügend geklärtes Wasser dem Filter zuzuführen, was jedoch die Qualität des Filtrats nicht beeinträchtigt; das letztere blieb immer klar und selbst in Schichten von über 2 m Tiefe durchsichtig, während die Transparenz des Rohwassers schon in einer Tiefe von wenigen Zentimetern (3·5 bis 10) ihre Grenze fand. —

Tabelle III.

Vorversuche mit einem gewöhnlichen Sandfilter einfachster Konstruktion und mit enormer Filtrationsgeschwindigkeit, jedoch nach Vorbehandlung mit Permanganat.

Datum	Filtergeschwindigkeit in mm pro Stunde	Bakterien in 1 ccm: unfiltriertem Wasser (nach Vorbehandlung mit $KMnO_4$ 12h in ruhendem Wasser)	Bakterien in 1 ccm: filtriertem Wasser
22. Oktober 1896	1430	345	39
25. „	1180	—	—
26. „	1090	860	88
27. „	1240	279	64
28. „	787	120	24
29. „	561	352	62
Filter gereinigt!			
30. „	1690	746	53
31. „	1280	386	27

Daß die Retention der korpuskulären Elemente wirklich so vollständig war, wie es sich durch die besten Filter in Europa erreichen läßt, wird am besten durch die Tatsache bewiesen, daß die Retention fast ausschließlich in den oberflächlichsten Schichten des Filters vor sich geht und die



tieferen Lagen des Filtersandes fast gar nicht verschmutzt werden. Aus der Konstruktion des sogenannten „Piefkeschen Diagramms“ (vgl. Fig. 8) — wo die Abszissen das Maß der in der betreffenden Schicht zurückgehaltenen korpuskulären Elemente (Tonteilchen) und die Ordinaten die Tiefe der entsprechenden Schicht bezeichnen — geht hervor, daß alle Anforderungen, die Piefke an eine geordnete Filtration stellt, voll befriedigt sind und daß schon in einer Tiefe von 20 cm der Filtersand fast rein befunden wird. —

Besonders bemerkenswert ist, daß diese günstigen Resultate bei Filtrationsgeschwindigkeiten erreicht werden, die weit über das bei der gewöhnlichen Sandfiltration erlaubte Maximum von 100 mm pro Stunde hinausgehen (Versuchsreihe I meist 130 bis 140 mm; Versuchsreihe II anfangs 100 bis 110 mm, später 160 bis 190 mm!). Man kann aber offenbar noch viel weiter gehen, wie uns einige Vorversuche mit einem kleinen Filter einfachster Konstruktion zeigten (vgl. Tabelle III); obgleich hier Filtrationsgeschwindigkeiten bis nahe an 1700 mm pro Stunde zur Anwendung kamen (d. h. das 17fache des bei der langsamen Sandfiltration zulässigen Maximums und nahezu $^1/_3$ bis $^1/_2$ der beim amerikanischen Schnellfilter gebräuchlichen Geschwindigkeit!), war doch noch der durch das Filter erzielte Reinigungseffekt sehr bemerkenswert; das Filtrat war in Schichten von über 1 m Tiefe völlig klar und durchsichtig und sein Keimgehalt betrug — wenn man das Mittel unserer Vorversuche nimmt — nur etwa $^1/_8$ desjenigen des unfiltrierten Wassers. Aus der Tabelle III ist zu ersehen, daß die Filtrationsgeschwindigkeit nicht konstant war sondern von Tag zu Tag abnahm; dieses Verhalten erklärt sich daraus, daß unser kleines für diese hohen Geschwindigkeiten angewandtes Versuchsmodell keinen Regulator hatte, dafür aber — um brüske Schwankungen zu vermeiden — mit konstanter Druckhöhe (durch Überlauf garantiert) arbeitete; dementsprechend begann das Filter natürlich mit seiner maximalen Geschwindigkeit zu arbeiten, um dann dieselbe mit zunehmender Verschlammung des Filtrierkörpers mehr und mehr — aber ganz allmählich — zu verlangsamen. Wir wollen natürlich nicht behaupten, daß auf diese Weise ein hygienisch einwandfreies Resultat erreicht worden sei; aber selbst wenn das so gewonnene Filtrat auch noch nicht direkt zur Trinkwasserversorgung zugelassen werden könnte, so doch gewiß nach einer nochmaligen langsamen Sandfiltration (z. B. bei einer Geschwindigkeit von 200 mm). Solche „Vorfilter“ („Dégrossisseurs“) würden sich vielleicht in der Praxis zu dem Zwecke empfehlen, den eigentlichen Filtern ihre Arbeit zu erleichtern und dadurch deren Arbeitsperioden zu verlängern, womit die Filterreinigungen und die mit denselben verbundenen Gefahren und Schwierigkeiten erheblich vermindert werden könnten. Sie würden dabei

erheblich billiger arbeiten, als die zu demselben Zwecke von Götze empfohlene langsame Doppelfiltration.

Wir haben in dem „Permanganatprozeß“ ein Verfahren kennen gelernt, welches für die Praxis des Filterbetriebes die folgenden Vorteile bietet:

1. Ermöglichung der Sandfiltration für Rohwässer, die sonst — infolge ihres Gehalts an feinst verteilten Tonteilchen und ihrer mangelnden Tendenz zur Sedimentierung — diesem bewährten Reinigungssystem unzugänglich sind.

2. Erleichterung des gewöhnlichen Filterbetriebs bei schon bestehenden Anlagen, wobei die nachträgliche Einführung des Permanganatprozesses ohne große Kosten und Betriebsänderungen möglich ist:

a) Anwendung zur Vorklärung in (vielleicht schon existierenden) Sedimentierungsbassins, — wobei den Filtern die Arbeit erleichtert, die Leistungsfähigkeit erhöht und die Arbeitsperioden verlängert werden.

b) Anwendung auf dem Filter selbst zur raschen künstlichen Deckenbildung.

c) Möglichkeit der Anwendung höherer Filtrationsgeschwindigkeiten (bis 200 ^{mm} pro Stunde) und Möglichkeit der Einrichtung einer billigen und wenig ausgedehnten Anlage für Doppelfiltration mit Hilfe von Vorfiltern, die mit sehr bedeutender Geschwindigkeit (1000 ^{mm} pro Stunde) arbeiten.

Was hier über Permanganatklärung gesagt ist, läßt sich natürlich auch mit anderen Fällungsmitteln, wie Aluminiumsulfat oder Eisenchlorid erreichen. Welches dieser Mittel man wählen will, hängt in erster Linie von der Natur des Rohwassers ab. Auch spielen die jeweiligen Marktpreise der betreffenden Chemikalien dabei eine Rolle.

Wir möchten diesen Abschnitt nicht beschließen, ohne des überaus einfachen originellen und zuverlässigen Mechanismus für die Regulierung der Filtergeschwindigkeit zu gedenken, der von C. Piefke für unser Experimentierfilter angegeben wurde; derselbe ist zwar — soweit uns bekannt — bisher noch nie im Großbetrieb angewandt worden, hat sich aber in unseren Versuchen so gut bewährt, daß wir seine Einführung nur empfehlen können. Über die Einrichtung des Experimentierfilters selbst, das eine nutzbare Oberfläche von etwa 25 ^{qm} besaß, ist nichts Besonderes zu sagen; das Filter war genau nach den sonst für die Sandfilter alten Systems geltenden Regeln erbaut. Was die Reguliervorrichtung anbelangt, so ist dieselbe — im Gegensatz zu den meisten



üblichen Systemen — nicht am Abfluß, sondern am Zufluß für das Filter angebracht. Das neue Piefkesche System der Regulierung für die Geschwindigkeit (vgl. Fig. 1 auf S. 389) beruht auf dem Prinzip, dem Filter für eine gegebene Geschwindigkeit während der ganzen Zeitdauer, während welcher diese Geschwindigkeit beibehalten werden soll, stets dieselbe in der Zeiteinheit konstante (und für jede Geschwindigkeit rechnungsmäßig festzustellende) Rohwassermenge zuzuführen; offenbar muß dann das Filter auch stets die gleiche — und in ihrer Quantität dem Zufluß entsprechende — Menge Filtrat in der Zeiteinheit liefern, d. h. die Filtrationsgeschwindigkeit ist konstant. Um nun den Zufluß zum Filter vollständig konstant und andererseits doch, je nach der gewählten Geschwindigkeit, regulierbar zu gestalten, ist folgende Anordnung getroffen. Das Wasser gelangt aus dem Klärbassin nicht direkt auf das Filter, sondern zuerst in eine sogenannte Regulierkammer, in welcher durch einen beständig in Tätigkeit erhaltenen Überlauf (u) stets ein bestimmtes Niveau eingehalten ist. Von dieser Regulierkammer nimmt das Wasser seinen Weg nach dem Filter durch das Teleskoprohr t, dessen verschiebbarer Oberteil mit seinem oberen Rande um einige Zentimeter über den konstanten Wasserspiegel in der Regulierkammer hervorragt. Das Wasser gelangt von der Regulierkammer in das zum Filter führende Teleskoprohr vermittelst eines am Oberteil des letzteren angebrachten länglichen rechteckigen Schlitzes, der sich zum Teil unter, zum Teil über dem Wasserspiegel befindet; der eingetauchte Teil dieses rechteckigen Schlitzes gleicht einem Überfall, durch welchen in der Zeiteinheit stets die gleiche Wassermenge dem Filter zufließt, — immer vorausgesetzt, erstens daß die Tauchtiefe des Schlitzes dieselbe bleibt, und daß der Wasserspiegel in der Regulierkammer konstant gehalten wird (was, wie gesagt, durch dauernde Betätigung des Überlaufs garantiert werden kann). Die für jede bestimmte Tauchtiefe des Teleskoprohrs entsprechende durch den Schlitz in der Zeiteinheit erfolgende Menge des Zuflusses (und damit eo ipso auch die Filtrationsgeschwindigkeit) läßt sich aus der Breite und Tauchtiefe des Schlitzes nach der bekannten Weissbachschen Formel berechnen; je größer die Tauchtiefe des Schlitzes, desto größer die Zuflußmenge. Andererseits läßt sich aber auch die Abflußmenge des Filters jederzeit leicht und rasch direkt messen; zu diesem Zwecke ist am Abfluß des Filters eine „Meßkammer“ eingerichtet, in welcher das Filtrat über die Oberkante des senkrecht aufsteigenden und oben offenen Rohrschenkels k frei herabfällt, um dann vom Boden der Meßkammer in die Reinwasserleitung abzuströmen. Wird nun der Abfluß der Meßkammer geschlossen, so sammelt sich natürlich das Filtrat in derselben an; da die Fläche der Meßkammer genau bekannt ist, so läßt sich durch das Steigen des Niveaus des in der

Meßkammer sich ansammelnden Filtrats innerhalb einer bestimmten Zeit die Menge des gelieferten Filtrats und damit natürlich auch die Filtrationsgeschwindigkeit genau berechnen.

Die ganze soeben geschilderte Anordnung gewährt den außerordentlichen Vorteil, daß das Filter, sobald es einmal auf die gewünschte Geschwindigkeit eingestellt ist, während der ganzen Dauer der Arbeitsperiode keines weiteren Eingriffes mehr bedarf, und daß es die zur Überwindung der dem Filter innewohnenden — und mit zunehmender Verschlammung zunehmenden — Widerstände erforderliche Druckhöhe automatisch regelt. In der Tat bezeichnet das durch den Filterablauf ein für allemal festgelegte Niveau (welches sich einige Zentimeter über der Oberfläche des voll aufgefüllten Filtersandes befindet) den Nullpunkt des Druckes für die auf dem Filter lagernde Wasserschicht; mit zunehmender Verschlammung der Filteroberfläche steigt das Wasser auf dem Filter gerade immer nur um denjenigen Betrag, der die für gegebene Filtrationsgeschwindigkeit erforderliche Druckhöhe darstellt; d. h. das Filter stellt vollständig automatisch den in jedem Augenblick erforderlichen Druck ein — nicht mehr und nicht weniger —, wobei Druckschwankungen und Überdruck (die für die Intakterhaltung der Filterhaut sonst so verderblichen Störungen) gänzlich vermieden werden. Die Druckhöhe — vermittelst Schwimmer jederzeit leicht ablesbar — ist gleich der Höhendifferenz zwischen dem Niveau des Wassers auf dem Filter und dem Niveau des Reinwasserüberfalls in der Meßkammer. Daß das System wirklich zuverlässig arbeitet, ist am besten aus dem Druck- und Geschwindigkeitsdiagramm (Fig. 2) zu ersehen; der Druck steigt durchaus kontinuierlich, nicht etwa sprungweise.

Das Filter arbeitet also — im Gegensatz zu anderen Sandfiltern — nicht mit konstanter Füllung, sondern der Wasserspiegel steigt allmählich mit steigender Druckhöhe, wobei das anfängliche Niveau — entsprechend dem durch die Höhenlage des Reinwasserabflusses festgelegten Nullpunkt des Filterdruckes (vgl. oben) — nur wenige (10 bis 20) Zentimeter über der Oberfläche des Filtersandes liegt.

Dieser letztere Punkt ist nun entschieden geeignet, zu Störungen Veranlassung zu geben; eine Wasserschicht von nur 10 bis 20 ^{cm} Höhe ist kein genügender Schutz für die empfindliche Filterhaut; bei so geringer Wasserhöhe ist — wenigstens bei größeren Filterbecken — der störende Einfluß von Wind und Wellenschlag zu befürchten und außerdem begünstigt das durch diese geringe Tiefe eindringende Sonnenlicht intensives Algenwachstum und Tierleben auf der Filteroberfläche, wodurch gleichfalls unerwünschte Störungen entstehen könnten. Nun ist es ja allerdings leicht, den Reinwasserablauf und damit das Anfangsniveau



des Wassers auf dem Filter beliebig höher zu legen, so daß das Filter von Anfang an mit einer genügend tiefen Wasserschicht bedeckt ist; jedoch müßte dann man das ganze Filterbecken um den entsprechenden Betrag höher bauen, um im weiteren Verlauf der Arbeitsperiode die erforderliche Druckhöhe zu erreichen; dadurch würden die Baukosten natürlich erheblich verteuert. Wir haben diese Schwierigkeit durch eine kleine Modifikation des Piefkeschen Regulators behoben; während in der ursprünglichen von Piefke selbst gegebenen Anordnung das Niveau des Filterauslaufes ein für allemal feststand und die Erhöhung des Filterdruckes einzig und allein durch das Steigen des Wassers auf dem Filter bewirkt wurde, verteilten wir bei unserer modifizierten Form des Piefkeschen Regulators das Anwachsen der Druckhöhe einerseits (zur Hälfte) wie bisher auf das Steigen des Wasserspiegels im Filter, andererseits aber (zur anderen Hälfte) auf ein Sinken des Reinwasserablaufes. Zu diesem Zweck wurde das letztere nicht mehr, wie bisher, an der Oberkante eines feststehenden, sondern eines verschiebbaren (Teleskop)-Rohres angeordnet und das letztere mittels eines gleicharmigen Hebels mit einem auf dem Wasser im Filterbecken liegenden Schwimmer in Verbindung gebracht. Sobald nun der Widerstand im Filter und damit der Druck zu steigen begann, sinkt der Reinwasserablauf um ebenso viele Zentimeter wie der Wasserspiegel im Filter steigt, d. h. oberhalb desjenigen Niveaus, welches der Druckhöhe Null entspricht, steigt der Wasserspiegel auf dem Filter nur um die Hälfte der jedesmaligen Vermehrung der Druckhöhe. Es ist klar, daß man bei dieser Anordnung mit verhältnismäßig hoher Wassersäule auf dem Filter beginnen kann, ohne doch nötig zu haben, die Filterbecken unnötig hoch zu bauen; vgl. Fig. 3, wo bei einer anfänglichen Wasserhöhe von 57·4 cm der Filterdruck nur 2·1 cm betrug und am Ende des Versuches, nach 2 Monaten, auf 49 cm gestiegen ist, während die Höhe der Wasserschicht auf dem Filter nur bis auf 84·6 cm angewachsen ist; einem Steigen des Wasserspiegels im Filterbecken um ca. 27 cm entspricht also eine Drucksteigerung von 47 cm, d. h. nahezu das Doppelte. Der kontinuierliche Verlauf des Diagramms beweist, daß auch die von uns modifizierte Form des Piefkeschen Regulators zu aller Zufriedenheit funktionierte.



II. Anwendung chemischer Vorklärung und künstlicher Deckenbildung bei dem amerikanischen Schnellfilter.

(Jewell-Filter.)

A. Beschreibung des Systems.

Prinzip: Die charakteristischen Elemente des amerikanischen Schnellfiltersystems lassen sich kurz in folgendem resümieren:

1. Chemische Vorbehandlung des Rohwassers mit schwefelsaurer Tonerde, $Al_2(SO_4)_3$, im technischen Filterbetrieb kurz als „Alaun" bezeichnet.

2. Filtration des auf diese Weise vorgeklärten Wassers in Filtern von einem bestimmten Konstruktionstypus, und mit ganz enormer Filtrationsgeschwindigkeit (100 bis 120 ^{cbm} pro Quadratmeter Filterfläche und pro 24 Stunden, d. h. 4000 bis 5000 ^{mm} pro Stunde, also 40 bis 50 mal so viel, als man einem europäischen Sandfilter zumuten darf!). Die außerordentlich hohe Filtergeschwindigkeit erlaubt natürlich nur sehr kurze (12 bis 24stündige) Arbeitsperioden und bedingt die Notwendigkeit einer sehr häufigen Reinigung, wobei der Reinigungsprozeß auf rein maschinellem Wege vollzogen wird — ohne daß das Filter mit Menschenhand in Berührung kommt — nämlich vermittelst Auswaschen des Filterkörpers mit Reinwasser bei umgekehrter Stromrichtung und mit Hilfe eines mechanischen Rührwerkes.

1. Der Dekantationsprozeß. Die schwefelsaure Tonerde wirkt als Fällungsmittel vermittelst ihrer Umsetzung mit dem im Rohwasser enthaltenen kohlensauren Kalk, wodurch unlösliches Tonerdehydrat entsteht, das in Form eines grobflockigen Niederschlags ausfällt und den größten Teil der im Wasser suspendierten trübenden Teilchen sowie zahlreiche Bakterien mit sich zu Boden reißt. Man kann sich die dem Ausfällungsvorgang zugrunde liegende chemische Umsetzung nach folgender Gleichung vor sich gehend vorstellen:

$$Al_2(SO_4)_3 + 3\,CaCO_3 + 3\,H_2O = Al_2(OH)_6 + 3\,CO_2 + 3\,CaSO_4.$$

Das Wasser wird also durch die Behandlung mit schwefelsaurer Tonerde reicher an freier CO_2 und an Erdalkalisulfaten, und zwar auf Kosten der Erdalkalikarbonate; mit anderen Worten: ohne Veränderung der Gesamthärte nimmt die permanente Härte zu und ebenso steigt der Gehalt an freier CO_2. Daß diese Veränderungen bei den in Betracht kommenden Dosen praktisch ganz irrelevant sind, leuchtet ein, wenn man bedenkt, daß bei der wohl kaum zu überschreitenden Dosis von 30 ^{grm} schwefelsaurer Tonerde auf 1 ^{cbm} Wasser die Erhöhung des Gehalts an freier



CO_2 nie mehr als 11 mg pro Liter betragen kann und die Vermehrung der permanenten Härte — bei gleichbleibender Gesamthärte — höchstens vier deutsche Härtegrade beträgt. Für gewöhnlich werden diese Ziffern sich nur auf zwei Drittel der soeben gegebenen Werte belaufen, da man in der Praxis meist mit 20 grm Alaun auskommt, oft auch mit noch weniger.

Vergleicht man die ausfällende Wirkung der schwefelsauren Tonerde mit derjenigen, welche durch das Permanganat hervorgebracht wird, so ergibt sich ein wesentlicher Unterschied sowohl in qualitativer als in quantitativer Hinsicht. Was den ersteren Punkt anbelangt, so ist der durch das Fällungsmittel hervorgerufene chemische Umsatz in beiden Fällen total verschieden: während das Permanganat die organischen Substanzen des Rohwassers oxydiert, so setzt sich die schwefelsaure Tonerde mit den Erdalkalikarbonaten um. Es sind also total verschiedene Substanzen, welche nach ebenso verschiedenen chemischen Prozessen in dem einen und in dem anderen Falle durch das Fällungsmittel in Reaktion gezogen werden; diese Feststellung hat in doppelter Beziehung Interesse: erstens, vom theoretischen Standpunkt aus, indem klar erhellt, daß es bei der Anwendung chemischer Fällungsmittel für die Zwecke der Filtration in erster Linie nicht auf die Natur der durch das Koagulans hervorgerufenen chemischen Reaktion, sondern auf die ausfällende Wirkung und auf die Beschaffenheit des Sediments ankommt[1]; zweitens, vom praktischen Standpunkt aus, ergibt sich aus der Tatsache, daß Permanganat und Aluminiumsulfat ganz unabhängig voneinander wirken, die wichtige Möglichkeit, unter Umständen beide Prozesse nacheinander auf dasselbe Rohwasser einwirken zu lassen, wie wir das tatsächlich mit bestem Erfolge im großen wochenlang getan haben (vgl. weiter unten Tabelle VIII, September und Oktober). Soweit über den qualitativ-chemischen Unterschied zwischen Permanganat- und Alaunklärprozeß. Viel wichtiger für die Technik der Filtration und insbesondere für die Zwecke der künstlichen Deckenbildung sind die quantitativen Differenzen zwischen beiden Verfahren. Schon die einfache Feststellung, daß von Alaun 15 bis 30mal so viel pro Kubikmeter Rohwasser zugesetzt wird als von Permanganat, erklärt, daß die durch Alaun hervorgerufene Klärung und Ausflockung ungleich bedeutender ist. Zwar entspricht die Menge des ausgefällten Sedimentes — wie schon oben S. 385 betont — nicht etwa nur der (ins-

[1] Beispielsweise läßt sich, wie wir im Laboratorium durch Versuche erprobt haben, ein sehr befriedigender Kläreffekt auch durch Zusatz von Eisenchlorid zum Rohwasser erreichen, wobei die Reaktion offenbar in folgender Weise verläuft:

$$Fe_2Cl_6 + 3\,CaCO_3 + 3\,H_2O = Fe_2(OH)_6 + 3\,CaCl_2 + 3\,CO_2.$$



besondere bei Verwendung von Permanganat) unverhältnismäßig kleinen Quantität des zum Rohwasser zugesetzten Koagulans, sondern die zunächst durch unmittelbaren chemischen Umsatz gebildete kleine Menge unlöslichen Reaktionsproduktes [MnO_2 bzw. $Al_2(OH)_6$] vergrößert sich beim Ausfallen zu einem sehr voluminösen Sediment, indem das Koagulum den größten Teil aller anderen im Rohwasser enthaltenen suspendierten Teilchen rein mechanisch (sowie durch Adsorption) an sich zieht. Immerhin ist natürlich doch die Menge des Reagens bei einem so großen quantitativen Unterschied wie er zwischen den angewandten Alaun- und Permangatmengen besteht, von Bedeutung; vor allem aber kommt noch die Reaktionsgeschwindigkeit hinzu, die bei der Umlagerung zwischen Aluminiumsulfat und Erdalkalikarbonaten sehr bedeutend ist, während die Oxydation der organischen Stoffe durch $KMnO_4$ in nahezu neutraler und außerordentlich verdünnter Lösung natürlich viel langsamer vor sich geht; daher läßt sich das Beginnen der Ausflockung bei einem Alaunzusatz von 20 ^{grm} pro Kubikmeter schon nach wenigen Minuten, ja fast augenblicklich beobachten — (ganz wie bei dem Phänomen der spezifischen Agglutination in der Bakteriologie) —, während nach Permanganatzusatz im Verhältnis von 1 ^{grm} pro Kubikmeter der Effekt erst nach etwa 3 Stunden erkennbar wird. Dementsprechend ist auch die zur Erzielung einer genügenden Klärung des Rohwassers erforderliche Gesamtdauer des Dekantationsprozesses bei Anwendung von Alaun viel kürzer als bei Permanganatklärung; im ersteren Falle ist die Klärung meist schon nach 6 Stunden vollständig ausreichend, während bei Anwendung von $KMnO_4$ meist 24 Stunden erforderlich sind; auch ist der Endeffekt bei Klärung durch Alaun meist ein viel besserer. Was endlich die Beschaffenheit des ausgeflockten Sedimentes anlangt, so erhellt aus dem Vorangegangenen und wird durch direkte Beobachtung vollauf bestätigt, daß das durch Alaun erzeugte Koagulum ungleich massiver und grobflockiger ist als die durch $KMnO_4$ hervorgebrachte Ausflockung; es ist daher vorauszusehen, daß auch betreffs der künstlichen Deckenbildung auf dem Filter das Alaunverfahren dem Permanganatprozeß überlegen sein wird, und zwar sowohl, was die Geschwindigkeit der Ausbildung der Filterdecke, als auch was ihre Retentionsfähigkeit gegenüber den Bakterien des Rohwassers anlangt. Erinnern wir uns, daß schon das Permanganatverfahren bemerkenswert günstige Resultate betr. Filtration bei sehr hohen Geschwindigkeiten — über 1000 ^{mm} pro Stunde — ergab, und zwar bei einem durchaus primitiven Filtermodell (vgl. oben S. 393), so erscheint es ohne weiteres verständlich, daß das ungleich wirksamere Alaunverfahren noch weit höhere Geschwindigkeiten gestatten wird, insbesondere wenn die Konstruktion des Filters allen Anforderungen, die durch derartige Geschwindigkeiten



gegeben sind, bis ins kleinste angepaßt ist, wie das eben beim Jewell-Filter der Fall ist. Damit hat die Anwendung der beim amerikanischen Schnellfilter gebräuchlichen enormen Geschwindigkeit von 4000 bis 5000 ^{mm} pro Stunde vollständig das Überraschende und scheinbar allen früheren Erfahrungen Widersprechende verloren, das dieses neue System beim ersten Eindruck wohl für jeden hat, der sich zum ersten Mal damit beschäftigt.

Bevor wir uns zu den durch eben diese enorme Filtrationsgeschwindigkeit geforderten Details der Konstruktion des Jewell-Filters selbst wenden, noch einige Worte über die technische Ausbildung des Sedimentierverfahrens. In unserer Versuchsanlage standen als Klärbassins drei große, hölzerne, aufrecht stehende Bottiche von zylindrischer Form zur Verfügung, von denen jeder einzelne für eine Durchflußzeit von 3 Stunden (für das vom Filter gelieferte Tagesquantum von ca. 120 ^{cbm}) berechnet war; nur in den ersten Versuchen wurden alle drei Bottiche benutzt, d. h. mit einer Sedimentationszeit von 9 Stunden gearbeitet; später wurde der eine Bottich ausgeschaltet (bzw. nur als Mischgefäß für den Zusatz der spezifischen Keime benutzt), so daß eine Sedimentierungsdauer von 6 Stunden resultierte. Der Alaunzusatz erfolgte seitens eines etwas höher stehenden kleinen Bottichs, von dem aus kontinuierlich in quantitativ genau regulierbarer Weise zweieinhalbprozentige Alaunlösung den Klärbottichen zufloß; der Alaun wurde nur am Eintritt in das Klärbassin zugesetzt. In jedem Klärbottich befanden sich mehrere senkrechte Querwände, in denen abwechselnd auf der einen und auf der anderen Seite Öffnungen für den Durchtritt des Wassers vorgesehen sind, in der Absicht, möglichst alle Teile des Dekantationsbottichs auszunutzen. Doch können wir, wie auch Schreiber[1] betont, diese Einrichtung nicht für zweckentsprechend halten, da eine Anzahl toter Ecken entstehen, in denen das Wasser nutzlos stagniert, während in anderen Teilen eine viel größere Durchflußgeschwindigkeit herrscht, als der beabsichtigten Sedimentationsdauer entspricht. In der Tat haben wir für die Anlage des großen Klärbassins für die Trinkwasserversorgung Alexandriens ein wesentlich anderes System gewählt, welches im Prinzip seinerzeit schon für das Permanganatverfahren von uns ausgearbeitet worden war, und welches eine ungleich rationellere Lösung des Problems darstellt (vgl. Fig. 8, die eine Skizze dieses Bassins — sowohl im Grundriß wie im Längsschnitt — darstellt, sowie die Gesamtansicht des Klärbassins nach Photographie in Fig. 9). In der definitiven Anlage liegen drei voneinander völlig unabhängige Klärbassins

[1] *Mitteilungen der Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung u. Abwässerbeseitigung.* 1906. Hft. 6. S. 48.



Jewell-Filter.
Versuchsreihe A.

Tabelle

Versuchsresultate betreffs Retention der

Keimzahlen in 1 ccm Wasser, wo nicht anders angegeben: Filtrat:
Arbeitsperiode des Filters; Probeentnahmen des Filtrats zu ver-

Datum	Minuten ½	1	3	5	8	10	12	15	18	20	25	30
28. X. 02.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1. XI. 02.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7. XI. 02.	—	—	—	—	—	1664	—	—	—	540	—	4[illegible]
8. XI. 02.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11. XI. 02.	—	2480 1920	—	—	—	—	—	—	250 240	—	—	—
12. XI. 02.	10000	—	2000	800	—	—	—	—	—	—	—	—
13. XI. 02.	—	5700	—	2690	—	1400	—	—	—	640	—	360
15. XI. 02.	—	34560 20000	—	30200 11500	—	14906 6400	—	3000 3200	—	2300 1540	768 896	520 24[illegible] 362
17. XI. 02.	—	1408	—	—	—	—	420	—	—	36	—	10
18. XI. 02.	—	2480	1220	—	704	—	—	384	180	—	126	9[illegible]
20. XI. 02.	—	—	—	—	—	480	—	360	—	—	116	— 142
21. XI. 02.	—	640	2200	1080	—	—	—	620	108	—	114	— [illegible]
22. XI. 02.	180	—	— 1080	1400	— 640	602	—	— 120	—	120	— 102	104
23. XI. 02.	—	— 88	—	1042	—	— 480	—	102	—	— 90	44	— 64
26. XI. 02.	1856	—	—	732	—	226	—	— 110	—	128	— 166	46
27. XI. 02.	864	—	—	752	—	224	—	256	—	304	144	150
29. XI. 02.	3456 (400) 1280	—	—	—	1984	—	1152	—	45 (512) 1408	—	158	512 75
30. XI. 02.	—	5760	2016	—	—	—	608	—	—	—	—	—
1. XII. 02.	448	—	—	7488	—	320	—	79	—	— 38	50	3[illegible]
2. XII. 02.	— (148) 2432	2464		512	—	— 112	—	196	—	146	—	200

IV.

gewöhnlichen Bakterien des Wassers.

(runde Klammern) = dekantiertes Wasser; [eckige Klammern] = Rohwasser.

schiedenen Zeiten, vom Augenblick des Anlassens an gerechnet:

Stunden $^3/_4$	1	2	3	4	5	6	7	8		12		Bemerkungen
2646 (2542) [7940]	—	2268	—	—	2457	—	—	—	—	3650	—	Filter erst seit 2 Tagen im Betrieb. 93·9 m Geschwindigkeit 34 grm $Al_2(SO_4)_3$ pro Kubikmeter. 9 h Sedimentierung.
—	—	—	2688 (2646) [4284]	—	2560	—	—	—		—	—	
340	180 (380) [2800]	—	120	158	108	108	94	—	—	—	—	
400 (360)	—	216	316	—	144	—	—	—	—	—	—	
{98 {82	{58 {46 (1020)	—	—	{56 {26	{22 {24	{38 {30	—	—	—	—	—	34 grm $Al_2(SO_4)_3$. 6 h Sedimentierung.
—	52	—	—	—	—	—	—	—		—	—	
30	54	—	{28 {34	—	{8 {14	{26 {12	—	—	—	—	—	
—	—	—	52	—	42	—	—	—	—	—	—	
10 (362) 2400	6	60	32	—	—	—	24	—	—	—	—	6 h Sedimentierung. 25 grm $Al_2(SO_4)_3$ pro Kubikmeter.
84	44	—	—	—	—	48	—	—	—			
86	64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
— 56	{38 {34	—	—		[2430] —	—	22 [2400 2900]	—		—	—	18–20 grm $Al_2(SO_4)_3$.
— 72	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
{36 {48	— —	—	—	30	—	28	—	—	—	—	—	
—	—	—	90	46	42	—	—	—	—	—	—	120 m Geschwindigkeit. 25 grm $Al_2(SO_4)_3$.
—	176	—	146	65	—	—	—	—	—	—	—	
{— {43	448 83	—	—	—	—		—	—	—	—	—	
—	224	—			—	96	—	—	—	—	—	
43	—	38			—	—	—	—	—	—	—	
224	107	98	—	—	—	38 (768) [2944]	—	—	—	—	—	

Résumé der Versuchsreihe A betreffs Retention der gewöhnlichen Wasserbakterien.

A. Bei einer Filtriergeschwindigkeit von 93·9 m pro 24 h. (11. bis 23.XI.)
[NB.! In den vorhergehenden Tagen war das Filter noch nicht völlig eingearbeitet.]

Keimzahl des Rohwassers im Mittel: 2533.

„ „ filtrierten Wassers nach der ersten halben Stunde im Mittel: } 41 (Agar . . 42 / Gelatine 41).

(„Reduktionsverhältnis“ bezogen auf die Keimzahl des Rohwassers: 98·4 Prozent.)

B. Bei einer Filtriergeschwindigkeit von 120 m pro 24 h. (26.XI. bis 2.XII.)

Keimzahl des Rohwassers im Mittel: 2016.

„ „ filtrierten Wassers nach der ersten halben Stunde im Mittel: } 118.

(„Reduktionsverhältnis“ bezogen auf die Keimzahl des Rohwassers: 94·1 Prozent.)

C. Reduktion der Keime durch den Dekantationsprozeß allein im Mittel 1:4.

von je 4000 cbm Inhalt nebeneinander, deren jedes ganz selbständig für sich arbeitet und ohne Störung der anderen beiden im Betrieb ein- oder ausgeschaltet werden kann; bei einer Sedimentierdauer von 6 Stunden vermag also jedes Bassin bei ununterbrochenem Betriebe 16000 cbm täglich zu liefern. Von einem Verteilungsreservoir *H* aus gelangt das Rohwasser, bereits mit dem Alaun gemischt, in die drei Klärbassins; in diesen wird das Wasser zunächst in einer Vorkammer nach abwärts geführt und tritt dann, unter einer Querwand hindurch, in die erste Hälfte des eigentlichen Klärbassins, um von da (*F*) in aufsteigendem Strome die ganze Länge dieser ersten Abteilung (*C*) zu durchmessen und dieselbe am Ende über einen Überfall (*G*), der durch eine zweite bis auf den Boden reichende Querwand gebildet wird, zu verlassen. Hierauf wiederholt sich die ganze Prozedur [Abwärtstauchen in einer Vorkammer, Eintritt von unten (*F'*) in die zweite Hälfte des Klärbassins (*C'*) und endgültiges Verlassen derselben über die Überfallkante *G'*] zum zweiten Male, so daß das Wasser in jedem Bassin zweimal hintereinander die gleiche zwangläufige Strömung durchmachen muß (wobei jedoch der Alaunzusatz nur an einer Stelle, beim ersten Eintritt in die Bassins erfolgt). Durch die geschilderte zwangläufige Strömung wird zunächst eine möglichst gründliche Ausnutzung des Gesamtinhalts des Bassins — und dadurch eine maximale Dauer der Sedimentation — erreicht, und die Entstehung toter Ecken, in denen Stagnation eintreten könnte, vermieden. Allerdings ist in dieser Hinsicht in einem Bassin von länglicher Form, in dem im allgemeinen geradlinige

Strömung herrscht, viel weniger zu befürchten, als in einem zirkulären Bassin (vgl. oben), in dem sich statt des gewünschten Durchflusses im Kreise immer wieder geradlinige Strömungen auf dem kürzesten Wege etablieren; was insbesondere die Möglichkeit einer relativen Stagnation an den Seiten unseres Bassins und einer unverhältnismäßigen Ausbildung des mittleren Stromes anbetrifft, so steht dem die größere Länge des

Jewell-Filter.

(Schematische Darstellung.)

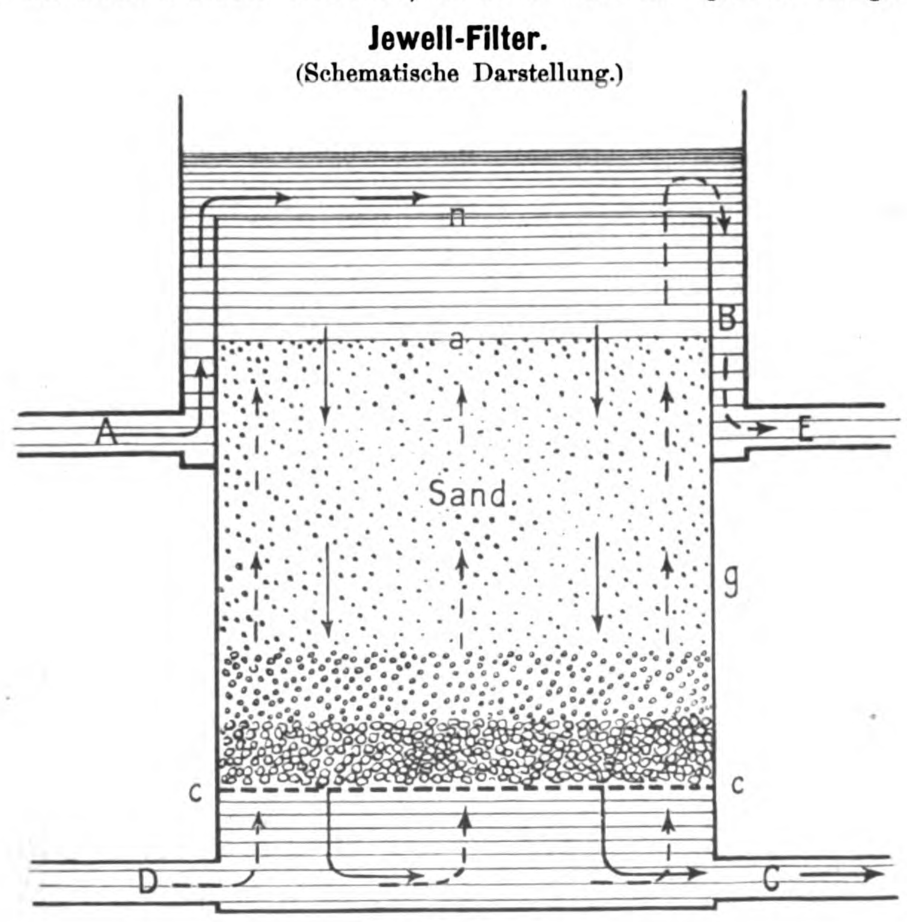


Fig. 4.

A bis *C* — — ➤ = Strömungsrichtung des Wassers während der Filtration.
D bis *E* ········ ➤ = „ „ „ „ des Waschprozesses.

Bassins in der Mittellinie entgegen. Durch den Eintritt des zu klärenden Wassers am Grunde des Absitzbassins und die daraus resultierende zwangläufige Stromrichtung nach oben wird aber noch ein anderer sehr bebedeutsamer Erfolg für den Dekantationsprozeß selbst erreicht; dadurch daß die Strömung des Wassers der Fallrichtung des niedersinkenden Koagulums entgegen gerichtet ist, entsteht eine der bei der bekannten Röckner-Rotheschen Abwässerklärvorrichtung analoge Anordnung; der Schleier der nieder-

Tabelle

Versuchsresultate betreffs Retention spezifischer Keime (Prodigiosus)

Jewell-Filter. **Rohwassers vor**

Versuchsreihe B. Arbeitsperiode des Filters; Probeentnahme des Filtrates zu

Anzahl von Prodigiosus in 1 ccm Wasser: wo nichts anders angegeben Filtrat:

Datum	Waschwasser Anfang des Waschprozesses	Waschwasser Ende des Waschprozesses	Dauer des Waschprozesses in Minuten	Minuten ½	1	3	5	8	10	12	15	18	20	25	30	45
10.–11. Nov. 02	2500	20	15	0 (150)	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	0	—
11. „	23040	786	10	—	0	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	0
11.–12. „	120000	3400	15	—	2	—	0	—	6	—	6	—	0 (3200)	0	2	—
12. „	—	420	20	12	—	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13. „	4600	720	10	—	0	—	0	—	0	—	—	—	0 (280)	—	0	0
13.–14. „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—
17. „	2536	1450	12	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0	0	0	0 (12[illegible] 20[illegible]
17.–18. „	—	—	—	—	0	—	1	—	2	—	—	0	—	—	—	—
18. „	46000	640	12	— (1800)	0	1	—	2	—	—	0	0	0	0	0 (1800) [10000	0
19.–20. „	48000	10000	12	—	—	—	0	—	—	0	—	—	1	0	—	—
20. „	56000	4200	8	—	—	—	—	—	2	—	0	—	—	0	0	0 (10[illegible]
20.–21. „	64000	1920	8	—	—	—	—	—	2	—	—	—	1	—	—	—
21. „	66000	1860	9	—	0	0	0	—	—	6	—	6	0	0	0	0
21.–22. „	54000	1200	9	—	—	—	0	—	—	—	—	—	2	—	0	—

V.

unter natürlichen Versuchsbedingungen (Infektion des Dekantation).

verschiedenen Zeiten vom Augenblicke des Anlassens gerechnet.

(runde Klammern): dekantiertes Wasser; [eckige Klammern]: Rohwasser.

Stunden											Versuchsbedingungen und Bemerkungen (Dauer der Sedimentierung stets 6^h)
1	2	3	4	5	6	7	8	12	13	ca. 24	
0 (120)	—	—	—	—	40*	—	0 (1800) [3500]	—	—	1 (1140) [6400]	* Hier muß eine zufällige Verletzung der filtrierenden Schicht erfolgt sein, wie sich auch ganz unzweifelhaft aus den gleichzeitig notierten Ziffern der gewöhnlichen Wasserbakterien ergibt: $11^h 50'$ a. m. d. h. 50′ nach Anlassen: 36. $11^h 50'$ a. m. d. h. 1^h nach Anlassen: 80. $3^h 30'$ p. m. d. h. $4^1/_2{}^h$ nach Anlassen: 42. $4^h 40'$ p. m. d. h. 6^h nach Anlassen: 4800! 6^h p. m. d. h. $7^1/_2{}^h$ nach Anlassen: 22.
0 (1020)	0	—	0 (2400) [10000]	2 (2500) [10000]	0 (2200) [17300]	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0 (530) [16000]	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	
0 (72) [480]	—	0	0 [11500]	0	—	—	—	0	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	4** (2440) [3600]	2**	—	
—	0	—	0 (108) [3600]	—	0 (896) [4000]	—	—	0 (824) [6000]	—	—	$Al_2(SO_4)_3$ 10.–17.XI. 34^g pro m^3. Filtriergeschw. $93 \cdot 9^m$ pro m^2 und 24^h.
—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	
0	0	—	0	0	0 (1640)	—	—	0 (3600) [20000]	—	—	** Grobe Störung des Filterbetriebes durch Versehen des Wärters (vgl. Versuchsreihe D Versuch I).
—	—	—	—	—	—	—	—	0 (360) [1820]	0 (520) [1024]	—	
0	—	—	1	0 (960) [5200]	—	—	—	0 (640)	—	—	17.–18.XI. $Al_2(SO_4)_3$ auf 25^{grm} pro m^3 reduziert.
—	—	—	—	—	—	—	—	0 (1220) [1940]	—	—	$Al_2(SO_4)_3$ auf 20^{grm} pro m^3 reduziert.
0 (760) [2048]	0	—	—	—	—	0 (1600) [12400]	—	0 (2100) [14000]	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	0 (2340) [6400]	—	—	$Al_2(SO_4)_3$ auf 18^{grm} pro m^3 reduziert (ungenügende Dosis).



Tabelle V.

Datum	Waschwasser Anfang des Waschprozesses	Waschwasser Ende des Waschprozesses	Dauer des Waschprozesses in Minuten	Minuten ½	1	3	5	8	10	12	15	18	20	25	30	45
22. Nov. 02	122000	2600	8	0	—	2	2	10	2	—	6	—	1	1	0	1 (12[illegible]) [62[illegible]]
22.–23. „	68000	4200	9	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	–
23. „	110000	2600	7	—	0	—	4	—	12	—	4	—	6	0	6	0
23.–24. „	100000	4800	6	0	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—	–
26. „	—	—	—	2	—	—	5	—	2	—	2	—	1	0	0 (1152) [5248]	–
26.–27. „	—	—	—	—	—	2	8	—	1	—	—	—	—	—	—	1
27. „	86400	2048	8	—	1	—	1	—	3·5	—	2	—	1·5	—	0·25 (1664) [11520]	–
27.–28. „	—	1408	8	—	1	—	1	—	—	—	—	—	00	—	—	–
28. „	18560	2048	7	—	00	—	—	0·5	—	1	—	00	—	0·5	00	00
29. „	3840	360	7	—	1	—	1	—	—	0·5	—	00	—	00	00	00
30. „	190000	2112	6	—	0·5	1·5	—	—	—	00	—	—	—	—	—	–
30. Nov. bis 1. Dez.	10204	188	7	—	00	—	00	—	—	—	—	—	00	—	—	–
1. Dez.	7680	256	6	00	—	—	1	—	1	—	00	—	00	00	00	–
2. „	—	424	7	00	—	0·5	—	1	—	00	—	00	—	00	00	00

Résumé der Versuchsreihe B betreffs Retention

Retention der spezifischen Keime durch das Filter in der ersten halben Stunde
„ „ „ „ „ „ „ nach der ersten halben
„ „ „ „ „ „ „ am Ende der Arbeitsperiode (im
Reduktion der Keimzahl durch den Dekantationsprozeß im Mittel: 1:5·5.

[1] Versuche mit 20–34 grm $Al_2(SO_4)_3$ pro cbm (10.–21. Nov. inkl.



(Fortsetzung.)

Stunden 1	2	3	4	5	6	7	8	12	13	ca. 24	Versuchsbedingungen und Bemerkungen (Dauer der Sedimentierung stets 6 h)
0	—	—	—	—	—	2 (1280)	—	0 (1400) [5600]	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	0 (3000)	—	—	
2	2 (4200) [19600]	—	0	—	1 (5280) [15000]	—	—	1 (2600) [5200]	—	—	$Al_2(SO_4)_3$ 19 grm pro m^3.
—	—	—	—	—	—	—	—	0 (2200) [6400]	—	—	
—	—	0	0	0	—	—	—	1 (1472)	—	—	$Al_2(SO_4)_3$ 25 grm pro m^3. Filtriergeschwindigkeit 120 m pro m^2 und 24 h bis ans Ende der Versuchsreihe.
—	—	—	—	—	—	—	—	0 (3136) [5504]	—	—	
00	—	—	00	—	—	—	—	00	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	00 (52) [120]	—	—	
00 (62) [134]	00	—	—	00	00	—	—	00	—	—	
00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
00	—	—	—	00	—	—	—	00	—	—	
00	—	—	—	—	—	—	—	00 (320)	—	—	
00	00	—	00	00	—	—	—	00 (70)	—	—	
00	—	—	—	00 (70) [512]	—	—	—	—	—	—	

spezifischer Keime unter natürlichen Bedingungen.

	Filtrationsgeschwindigkeit 93·9 m bei normaler Alaundosis [1]	Filtrationsgeschwindigkeit 93·9 m bei ungenügender Alaundosis [2]	Filtr.-Geschw. 120 m
nach dem Anlassen im Mittel:	1 : 2780	(1 : 1000)	1 : 1900
Stunde im Mittel:	1 : 13400	(1 : 3540)	1 : 18700
Mittel aller Versuche):		1 : 15000	

[2] Versuche mit 18—20 grm $Al_2(SO_4)_3$ pro cbm (22.—23. Nov. inkl.).



sinkenden Tonflocken wirkt wie ein bewegliches Filtersieb, durch welches das aufsteigende Wasser passieren muß und dabei in gründlichster Weise gereinigt wird. Daß die durch unsere Form des Klärbassins bewirkte Reinigung des Rohwassers wirklich eine gründlichere ist, als die in den Klärbottichen der Experimentieranlage der Jewell-Filter-Co, das geht am deutlichsten aus dem bakteriologischen Effekt des Dekantationsprozesses hervor; während in der Versuchsanlage die Reduktion der Bakterien des Rohwassers durch die Sedimentation nur im Verhältnis von 1:4 bis 5·5 erfolgt (vgl. Tabelle IV und V), beträgt die analoge Leistung unseres definitiven Klärbassins etwa das Doppelte (vgl. Tabelle VIII, Retention 1:10).

2. Das Jewellfilter. Die außerordentlich hohe Filtrationsgeschwindigkeit, welche — wie wir aus dem Vorhergegangenen ersehen haben, dank der intensiven Wirkung der chemischen Vorbehandlung des Rohwassers mit Alaun — im amerikanischen Schnellfiltersystem anwendbar ist, und die dadurch bedingte Notwendigkeit häufiger maschineller Reinigung des Filters, diese zwei Momente haben mit Notwendigkeit einen eigenen Konstruktionstypus des Filters geschaffen, dessen Grundzüge im folgenden auseinandergesetzt werden sollen; vgl. Fig. 4 (Vertikalschnitt), Skizze und Fig. 9 (—) des Jewellfilters. Zunächst erlaubt die hohe Filtrationsgeschwindigkeit, infolge der im gleichen Verhältnis gesteigerten Ergiebigkeit des Filters, eine erhebliche Reduktion der Filterfläche, etwa im Verhältnis 1:40, im Vergleich zu der bei der langsamen Sandfiltration erforderlichen Fläche. Dadurch wird es möglich, die einzelnen Filter in verhältnismäßig kleinen, bequem transportablen, stählernen, hölzernen oder Zementbottichen anzuordnen. Wir hatten sowohl zu Versuchszwecken, als zur definitiven Filteranlage Alexandriens, Filter in Stahltanks zur Verfügung; das Versuchsfilter hatte ca. 1·20 ^{qm} Fläche und seine Tagesleistung betrug bei 100 bzw. 120 ^{m} Filtergeschwindigkeit pro 24 ^{h} (entsprechend ca. 4000 bzw. 5000 ^{mm} pro Stunde nach alter Rechnungsweise) etwa 120 bzw. 140 ^{cbm}; die großen (17 füßigen) Filter der definitiven Anlage haben je ca. 21 ^{qm} nutzbare Fläche, was einer normalen Tagesleistung (bei 100 ^{m} Geschwindigkeit) von 2100 ^{cbm} entspricht. Solche hohe Geschwindigkeiten erfordern natürlich einen entsprechend hohen Filterdruck (bis zu 3 ^{m} am Ende der Arbeitsperiode); die Filter müssen daher mindestens eine Höhe von $3^1/_2$ Metern haben und sind von zwei Etagen aus zugänglich: vom Boden aus, wo sich der Reinwasserablauf befindet und von einer oberen Plattform aus, von wo man das auf dem Filter befindliche Wasser erreichen kann und von wo aus vermittelst verschiedener Schieber die In- und Außerbetriebsetzung des Filters und des Waschprozesses erfolgt.



Bei so hohem Druck und so enormer Filtrationsgeschwindigkeit kommt natürlich, wie wir sehen werden und wie wir schon aus Analogie mit dem

Filterdruck Diagramm:
Jewell-Filter
(Experimental Filter)
Datum: 23. Nov. 1902
Alaunmenge: 20 gramm per Kubikmeter.
Niedere Filtrationsgeschwindigkeit:
93,9 Meter in 24 Std.
Dauer der Arbeitsperiode: 11^h 36'.

Fig. 5*a*.

Filterdruck Diagramm:
Jewell-Filter
(Experimental Filter)
Datum: 2. Dez. 1902
Alaunmenge: 30 gramm per Kubikmeter.
Höhere Filtrationsgeschwindigkeit:
120 Meter in 24 Std.
Dauer der Arbeitsperiode: 11^h 37'.

Fig. 5*b*.

alten System voraussetzen können, alles darauf an, einen möglichst stetigen Betrieb innezuhalten und plötzliche Schwankungen von Druck und Geschwindigkeit zu vermeiden; es ist daher eine zuverlässige Regulier-



vorrichtung nötig, wie sie durch den von Weston erfundenen und nach ihm benannten „Weston-Controler“ gewährleistet wird. Ohne auf die Einzel-

Filterdruck-Diagramm.
Jewell-Filter.
(Experimental Filter)
Datum: 23-24. Nov. 1902.
Alaunmenge: 20 gramm per Kubikmeter
Niedere Filtrationsgeschwindigkeit:
93,9 Meter in 24 Std.
Dauer der Arbeitsperiode 11h 57'

Fig. 5*aa*.

Filterdruck-Diagramm.
Jewell-Filter.
(Experimental Filter)
Datum: 1-2. Dez. 1902.
Alaunmenge: 32 gramm per Kubikmeter
Höhere Filtrationsgeschwindigkeit
120 Meter in 24 Std.
Dauer der Arbeitsperiode 11h 50'

Fig. 5*bb*.

heiten der Konstruktion dieses ingeniösen **Apparates eingehen zu** wollen, sei hier nur so viel erwähnt, daß es sich **um ein kleines zylindrisches** Reservoir (Fig. 9 *H*), am Reinwasserabfluß angebracht, **handelt, durch** welches

das Filtrat seinen Weg nehmen muß, um ins Reinwasserreservoir zu gelangen. Das Filtrat findet hierbei seinen Abfluß durch eine am Boden des Weston-Controlers angebrachte, ringförmige Öffnung, welche durch Einlage von verschiedenen genau gearbeiteten Messingscheiben auf bestimmte verschiedene Abflußmengen und dementsprechend verschiedene Filtergeschwindigkeiten eingestellt werden kann. Sobald einmal eine bestimmte Geschwindigkeit eingestellt ist, wird dieselbe durch folgende automatische Reguliervorrichtung dauernd beibehalten: Bei jeder Tendenz zur Änderung der einmal eingestellten Geschwindigkeit ändert sich sofort das Niveau des Wasserspiegels im „Weston-Controler", und zwar bei steigender Geschwindigkeit im Sinne eines Steigens und umgekehrt; diese Niveauänderung überträgt sich auf einen Schwimmer, der seinerseits eine Drosselklappe im Abflußrohr des Filters reguliert, — in dem Sinne, daß bei steigender Tendenz der Filtriergeschwindigkeit, d. h. bei Aufwärtsbewegung des Schwimmers die Klappe mehr geschlossen und dadurch die Abflußmenge des Filters verringert wird, und umgekehrt. Hierdurch reguliert sich gleichzeitig der Filterdruck, indem das Filter durch automatische Einstellung der Klappe am Abfluß stets gerade denjenigen Druck herstellt, der eben für die Erhaltung der einmal gewählten Geschwindigkeit erforderlich ist; wie zuverlässig diese Regulierung erfolgt, beweist der regelmäßige Verlauf der Druckdiagramme Fig. 5 *a* und *b*; bei der höheren Geschwindigkeit fängt das Druckdiagramm begreiflicherweise bereits mit einem etwas höheren Werte an, weil die Widerstände im Filter von vornherein höhere sind; im übrigen ist aber der Verlauf der Druckkurven bei beiden Geschwindigkeiten derselbe.

Haben wir im Vorangegangenen gesehen, daß die außerordentlich hohe Filtrationsgeschwindigkeit sich in allen Punkten als das bestimmende Moment für die Ausgestaltung der Konstruktion des Jewellfilters erwiesen hat, (sowohl was die geringe Oberfläche, wie die bedeutende Höhe, sowie die Notwendigkeit eines besonders empfindlichen Regulators für Geschwindigkeit und Druck anlangt), — so erübrigt sich jetzt noch der mechanischen Reinigungsvorrichtung zu gedenken, welche wohl das am meisten charakteristische und in die Augen fallende Kennzeichen des neuen Filtertyps darstellt. Auch hier haben wir es selbstverständlich nur mit einer Konsequenz der zur Anwendung gelangenden hohen Filtrationsgeschwindigkeit zu tun; es ist klar, daß mit der Zunahme der quantitativen Leistungsfähigkeit des Filters die Menge der auf der Flächeneinheit desselben zurückgehaltenen suspendierten Stoffe gleichen Schritt hält; d. h. das Filter verstopft sich viel schneller und die Dauer jeder einzelnen Arbeitsperiode muß in demselben Verhältnis verkürzt werden, wie die Geschwindigkeit der Filtration gesteigert ist. In der Tat stehen die beim



amerikanischen Schnellfilter erreichten Arbeitsperioden von durchschnittlich 12 bis 24 Stunden Dauer, der Größenordnung nach, in richtigem Verhältnis zu den mehrwöchentlichen Perioden bei der langsamen Sandfiltration mit ihrem 40 bis 50 mal geringeren quantitativen täglichen Ergebnis. So häufige Reinigungen des Filterkörpers lassen sich natürlich in der Praxis nur auf maschinellem Wege erreichen und dafür bot sich die bei der geringen Oberfläche und entsprechend geringen Masse des Filtersandes technisch durchführbare (und wie wir später sehen werden auch hygienisch vollkommen einwandfreie) Möglichkeit der Waschung des Filters vermittelst eines vom Boden desselben aus eingeführten Reinwasserstromes unter Mithilfe eines mechanischen Rührwerkes. Mit dieser Lösung des Problems sind ohne weiteres alle technischen Einzelheiten der Konstruktion des Jewellfilters gegeben, wie sie aus der schematischen Skizze in Fig. 4 und auf dem Vertikalschnitt des Filters in Fig. 9 ersichtlich sind. Da die Strömung des Wassers im Filter während des Waschprozesses von unten nach oben geht (punktierte Pfeile in der Skizze auf Fig. 4), also derjenigen während der Arbeitsperiode gerade entgegengesetzt ist (ausgezogene Pfeile in derselben Skizze), so ergibt sich, daß sowohl am Boden wie an der Oberfläche des Filters je eine Zu- und Abflußvorrichtung vorhanden sein muß, und zwar am Boden des Filters für Reinwasser, an der Filteroberfläche für Roh- bzw. Waschwasser. In beiden Fällen kommt es darauf an, daß der Zu- und Abfluß sich möglichst gleichmäßig über den ganzen Querschnitt des Filters verteilt. Am Boden des Filters dient zu diesem doppelten Zweck die Siebplatte *F* [Fig. 9], die während der Dauer der Arbeitsperiode das Filtrat dem Reinwasserablauf *G* zuführt und andererseits während des Waschprozesses Reinwasser unter Druck von *K* aus empfängt. An der Oberfläche des Filters wird die gleichmäßige Verteilung sowohl des Rohwasserzuflusses wie des Waschwasserabflusses dadurch erreicht, daß die diesen beiden Stromrichtungen dienenden Rohrleitungen nicht direkt in den Filtertank einmünden, sondern in einen, den oberen Teil des Filters mantelartig umgebenden ringförmigen Raum, der durch Verdoppelung der Filterwand (*B* und *C* in Fig. 9) geschaffen ist und der mit dem Innern des Filtertanks erst dann kommuniziert — dann aber auch an der ganzen Peripherie des Filters gleichmäßig — wenn der Wasserstand über das durch die Oberkante der inneren Filterwandung gegebene Niveau *N* (Fig. 4) gestiegen ist. Besonders für den Rohwasserzufluß ist diese Anordnung von größter Wichtigkeit, da ein einseitiges Zuströmen des Rohwassers sehr leicht Wirbelbildungen und Störungen der Filterdecke hervorrufen könnte; (vgl. über die Empfindlichkeit der Filterhaut gegenüber derartigen Störungen weiter unten S. 432 und Tabelle VII); bei der soeben geschilderten Anordnung sind solche Störungen ausge-



schlossen, da erstens, wie erwähnt, der Zufluß ganz gleichmäßig entlang des ganzen Filterumfanges stattfindet, da ferner die Richtung des Zuflusses dank der Lage der Einströmungsöffnung des Rohwassers im unteren Teil des äußeren Filtermantels von unten nach oben erfolgt und somit jede Stoßwirkung auf die Filteroberfläche vermieden ist, welch letztere übrigens stets — selbst unmittelbar nach der Filterwaschung beim Beginn einer neuen Arbeitsperiode — bis zur Oberkante der inneren Filterwandung (*B* in Fig. 9) mit einer schützenden Wasserschicht bedeckt ist.

Im einzelnen gestaltet sich der Reinigungsprozeß und die Wiederinbetriebsetzung des Filters wie folgt (vgl. die Skizze in Fig. 4). Bei Beendigung der Arbeitsperiode wird zunächst der Zufluß zum Filter *A* sowie der Reinwasserabfluß *C* geschlossen, dagegen der Waschwasserabfluß *E* geöffnet; dadurch sinkt der Wasserspiegel im Filtertank bis zum Niveau *N*, bezeichnet durch die Oberkante der inneren Filterwandung, und der äußere Mantelraum des Filters leert sich vollständig. Hierauf wird der Reinwasserzufluß *D* geöffnet, wodurch das Reinwasser unter Druck (beim Versuchsfilter durch Pumpen, besser jedoch wie in der definitiven Anlage durch ein Hochreservoir erzeugt) dem Filter zufließt und dasselbe in seinem ganzen Querschnitt von unten nach oben durchströmt; an der Filteroberfläche durchbricht das Druckwasser die Filterdecke an zahlreichen Stellen und hebt dieselbe ab. Gleichzeitig wird das Rührwerk in Tätigkeit gesetzt und unter der gemeinsamen Einwirkung der durch dasselbe erteilten kreisförmigen Bewegung und der aufsteigenden Strömung wird die gesamte Sandmasse des Filters wie in flüssigem Zustand erhalten und in wirksamster Weise gereinigt; die spezifisch leichteren Schlamm- und Tonteilchen, sowie der größte Teil der Bakterien der Filterdecke lösen sich ab und werden über die innere Überfallkante des Filters und durch den Abfluß des Waschwassers *E* fortgeschwemmt, während der spezifisch schwerere Sand (mit ganz minimalen Verlusten) im Filter zurückbleibt. Die Beendigung des Waschprozesses wird daran erkannt, daß das oben ablaufende Waschwasser, welches in der ersten Minute sehr schlammig war, zusehends durchsichtiger wird und sich von dem Wasser des Filterzuflusses kaum noch unterscheidet; sobald dieser Moment erreicht ist (in der Regel schon nach 5 bis 10 Minuten dauerndem Waschen), wird der Rührapparat angehalten und die Schieber für den Waschwasserzufluß (*D*) und Abfluß (*C*) geschlossen; darauf wird endlich der Zufluß zum Filter (*A*) und der Reinwasserabfluß (*C*) wieder geöffnet, womit die neue Arbeitsperiode beginnt. Wie wir sogleich sehen werden, ist jedoch das während der ersten 15 bis 30 Minuten nach Beendigung des Waschprozesses gelieferte Filtrat nicht ganz einwandfrei und muß von der Trinkwasserversorgung ausgeschlossen werden (Periode des „rewash“ — wofür eine gleich kurze und treffende deutsche Bezeich-



nung noch nicht existiert). Zu diesem Zweck ist an den großen Filtern der definitiven Anlage die Anordnung getroffen, daß der Reinwasserabfluß entweder den Speiseleitungen (*G* in Fig. 9) der Reinwasserleitung zugeführt wird oder durch ein besonderes Rohr (*J* ebenda) in den Abwasserkanal abgeleitet und damit von jeder weiteren Verwendung ausgeschlossen werden kann. Nach beendigtem Filterwaschprozeß wird also das Filtrat zunächst durch den Schieber „Rewash" abgeleitet und verworfen, worauf dann nach einer bestimmten Frist (15 bis 30 Minuten) dieser Schieber wieder abgesperrt und das Filtrat endlich vermittelst der Leitung *G* seiner eigentlichen Bestimmung zugeführt wird. Der Wechsel dieser beiden Schieber darf natürlich nicht in der Weise vor sich gehen, daß zuerst der eine vollständig geschlossen und darauf der andere geöffnet wird, da dies eine plötzliche zweimalige Veränderung von Filtergeschwindigkeit und Filterdruck — und zwar von Null bis zum vollen Wert — bedeuten würde und mit Sicherheit eine Störung der Filterdecke nach sich zöge (vgl. weiter unten S. 452); die Umstellung der beiden Schieber muß vielmehr ganz allmählich und zu gleicher Zeit geschehen, was sehr leicht durch einen einzelnen Mann erfolgen kann, da die beiden Schieber dicht nebeneinander stehen; dadurch wird jede plötzliche Schwankung im Filter, und wie wir sehen werden, auch jede Störung der bakteriologischen Retentionsfähigkeit mit Sicherheit vermieden.

B. Versuchsresultate mit dem Experimentierfilter.

1. Versuchsplan.

Als wir im Jahre 1902 vor die Frage gestellt wurden, zum ersten Male mit dem Jewell-Filter zu experimentieren und nach dem Ausfall dieser Versuche die folgenschwere Entscheidung zu treffen, ob für die Wasserversorgung Alexandriens (damals 32000 ^{cbm} Tageslieferung!) das bereits in unserem Besitz befindliche, bis in alle Details ausgearbeitete und durch eingehende Versuche erprobte Permanganatverfahren (das ja im wesentlichen mit dem altbewährten System der langsamen Sandfiltration zusammenfällt) beizubehalten, oder durch das völlig neue und von dem bisher Bekannten und Erprobten grundverschiedene, amerikanische Schnellfiltersystem zu ersetzen sei, da mußte sich unsere Aufmerksamkeit naturgemäß hauptsächlich gerade auf diejenigen Punkte richten, in denen das neue System von den bisher als unverbrüchlich geltenden Regeln abweicht.

a) Die erste Frage war, ob mit der in Anwendung gelangenden enormen Filtriergeschwindigkeit überhaupt ein ebenso wirksamer bakteriologischer Reinigungseffekt zu erreichen ist, wie beim alten



System; selbstverständlich konnte unsere Entscheidung nur dann zu gunsten des amerikanischen Schnellfilters ausfallen, wenn dasselbe der langsamen Sandfiltration in diesem wichtigsten Punkte mindestens ebenbürtig befunden wurde.

b) Wenn bezüglich dieses ersten Punktes unsere früheren günstigen Erfahrungen mit der Anwendung hoher Filtriergeschwindigkeiten beim Permanganatprozeß (vgl. Tabelle I und II) ein zufriedenstellendes Ergebnis erhoffen ließen, so war es schon zweifelhafter, ob dasselbe günstige Resultat auch bei so hohen Werten des Filterdruckes bestehen bleiben würde, wie sie beim Jewell-Filter zur Anwendung gelangen (bis zu 3^{m} Wasserdruck am Ende der Arbeitsperiode).

c) Noch berechtigtere Zweifel waren betreffs der Leistungsfähigkeit am Anfang der Arbeitsperiode geboten; wenn schon bei der langsamen Sandfiltration nach der Reinigung des Filters jedesmal mehrere Tage erforderlich sind, bis das Filtrat zum Verbrauch zu Trinkwasserzwecken zugelassen werden kann, und wenn wir ähnlichen Schwierigkeiten auch bei Anwendung des Permanganatprozesses begegneten (vgl. oben S. 391 und Tabelle II), so schien um so mehr zu befürchten, daß das Einarbeiten gegenüber der enormen Filtrationsgeschwindigkeit des amerikanischen Systems noch viel schwieriger sein möchte und daß ein beträchtlicher Bruchteil der — ohnehin nur nach Stunden bemessenen — Arbeitsperiode wegen ungenügender Leistungsfähigkeit am Beginn verloren gehen würde.

d) Insbesondere schien uns auch — vom rein theoretischen Standpunkt aus — die Anwendung eines mechanischen Rührwerkes zur Reinigung des Filters zu schweren Bedenken Anlaß geben zu können; wird doch bei den alten Sandfiltern beim Reinigungsprozeß aufs peinlichste darauf geachtet, daß nur die oberste verschmutzte Schicht vorsichtig entfernt werde und daß jede Störung der unteren Schichten des Filtersandes unterbleibt, damit nicht Verunreinigungen von der Filteroberfläche in die tieferen Schichten und in die Reinwasserabzüge gelangten!

Es mag sogleich hervorgehoben werden, daß alle diese Bedenken — die uns dem neuen System gegenüber anfangs sehr skeptisch stimmten und die uns bewogen, das Jewell-Filter den härtesten Proben zu unterwerfen, so wie sie zum Teil unter natürlichen Verhältnissen überhaupt nicht vorkommen können — durch den Ausfall unserer Versuche in vollständiger Weise widerlegt wurden. Zur Prüfung der genannten Punkte ergab sich folgender Versuchsplan:



ad a) Zu allererst mußte einmal durch einen Vorversuch festgestellt werden, ob das Filter bei völlig ausgebildeter Filterdecke — also mehrere Stunden nach dem Beginn einer neuen Arbeitsperiode — gegenüber einer plötzlichen starken Vermehrung der Bakterienzahl des Rohwassers eine erhebliche Retentionsfähigkeit zu äußern imstande sein werde.

ad b) Etwaige Schädigungen des Filters durch den hohen Druck mußten natürlich am ehesten am Ende der Arbeitsperiode, beim Maximum des Druckes (ca. 3 m!) zur Anschauung kommen; es galt also möglichst häufig Proben am Ende der Arbeitsperiode, d. h. unmittelbar vor der Filterwaschung, zu untersuchen.

Zur Beurteilung der Frage:

ad c) Wie lange Zeit am Anfang einer neuen Arbeitsperiode eine ungenügende Leistungsfähigkeit des Filters zu konstatieren sein würde, ergab sich die Aufgabe, möglichst zahlreiche Proben aus der ersten Stunde der Arbeitsperioden zu untersuchen und den Wirkungsgrad des Filters betreffs Bakterienretention zu verschiedenen Zeiten mit fortschreitender Dauer der Filtration zu bestimmen.

ad d) Desgleichen mußten sich etwaige, durch den Waschprozeß verursachte Verunreinigungen der tieferen Schichten des Filters durch Störungen des Filterbetriebes unmittelbar nach Wiederanlassen bemerkbar machen. Auch mußte die vergleichende quantitative Untersuchung von Proben aus den verschiedenen Tiefen des Filtersandes — sowohl betreffs des Gehaltes an suspendierten Tonteilchen, als betreffs der Bakterienzahl — (Piefkes Diagramm) über diese Frage Aufschluß geben.

Nach diesen Gesichtspunkten wurde die Untersuchung des Versuchsfilters geleitet, und zwar wurde dasselbe, um möglichst die natürlichen Verhältnisse nachzuahmen, während der Zeitdauer von über einem Monat Tag und Nacht kontinuierlich im Betrieb gehalten und täglich zweimal (morgens und abends) gewaschen; jeden Tag wurden Proben zur bakteriologischen Untersuchung entnommen, und zwar, wie erwähnt, in besonders großer Zahl während des Waschprozesses und in der ersten Zeit nach dem Wiederanlassen.

In den ersten 3 Wochen arbeitete das Filter mit einer Geschwindigkeit von 93·9 ^{m} pro 24 ^{h}, wobei die Alaundosis, welche anfänglich 34 ^{grm} pro Kubikmeter betragen hatte, etappenweise auf 25, 20 und 17·5 ^{grm} herabgesetzt wurde; Alaundosen unter 20 ^{grm} erwiesen sich als nicht ganz genügend, weshalb bei der Prüfung des Filters mit der höheren Geschwindigkeit von 120 ^{cbm} pro 24 ^{h} ausschließlich die zuverlässige Dosis von 25 ^{grm} pro Kubikmeter angewandt wurde.



Die bakteriologische Untersuchung der Wasserproben erfolgte:

1) Auf gewöhnliche Wasserbakterien (Versuchsreihe A, Tab. IV) und zwar meist sowohl bei Züchtung in Gelatine wie in Agar bei ca. 27°; in den Tabellen sind die auf Gelatinekulturen bezüglichen Zahlen fett gedruckt, übrigens ist die Übereinstimmung der Zahlen bei Vergleich zwischen Gelatine- und Agarkulturen eine sehr gute; (vgl. insbesondere das Résumé von Tabelle IV!). Durch Vergleich der entsprechenden Bakterienzahlen des Rohwassers und des Filtrates, und unter der (wie wir sehen werden, allerdings ganz willkürlichen) Annahme, daß die im Filtrat gefundenen Keime sämtlich aus dem Rohwasser stammen und denjenigen Bruchteil der Rohwasserkeime ausmachen, die durch den Dekantations- und Filtrationsprozeß nicht zurückgehalten worden sind, gelangt man zu einem in Prozenten ausgedrückten „Reduktionsverhältnis", welches besonders in Amerika als Maßstab für die Leistungsfähigkeit des Filters beliebt ist. Solange man dieses Reduktionsverhältnis lediglich als einen konventionellen Ausdruck für die Filterkontrolle auffaßt, kann man sich desselben vielleicht zu vergleichenden Zwecken der Resultate derselben Anlage zu verschiedenen Zeiten, sowie der Resultate bei verschiedenen Anlagen bedienen, immer vorausgesetzt, daß der Keimgehalt des Rohwassers nicht allzu ungleichmäßig und vor allem nicht zu niedrig ist! Nur muß man mit diesem prozentualen „Reduktionsverhältnis" nicht etwa die Vorstellung verbinden, daß es wirklich einen quantitativen Maßstab für die Retention der Bakterien des Rohwassers abgibt, z. B. daß bei einem „Reduktionsverhältnis" von 98·4 Prozent (vgl. Tabelle IV) wirklich von je 1000 Keimen des Rohwassers 16 das Filter passieren! Daß dem nicht so sein kann, beweisen am besten die Keimzahlen des Filtrates in der ersten Viertelstunde nach dem Wiederanlassen des gewaschenen Filters, Ziffern die oft ein vielfaches der Keimzahl des Rohwassers darstellen; wissen wir doch — schon aus dem Studium früherer Autoren über die langsame Sandfiltration —, daß die im Filtrat gefundenen Keime tatsächlich nur zum kleinsten Teile aus dem Rohwasser stammen, sondern der saprophytischen Bakterienvegetation des Filters selbst angehören und vom Filtersand durch den Wasserstrom mechanisch abgerissen werden.

2) Einen wirklichen Maßstab für die durch das Filter bewirkte Retention der Bakterien des Rohwassers liefert die vergleichende Zählung spezifischer (im Rohwasser und daher natürlich auch im Filter gewöhnlich nicht vorkommender) Keime nach künstlichem Zusatz derselben zum Rohwasser (nach Vorgang von Fränkel und Piefke); und zwar haben wir diesen Zusatz bewirkt:

27*



α) Entweder — in Nachahmung der natürlichen Verhältnisse bei infizierten Wasserläufen — durch **Zusatz der spezifischen Keime zum Rohwasser vor der Behandlung mit Alaun** (Versuchsreihe B, Tabelle V), wobei die Infektion (durch Zusatz einer Prodigiosusaufschwemmung) in kontinuierlicher Weise während einer über 3 Wochen sich hinziehenden Versuchsreihe stattfand;

β) oder durch **Infektion des Wassers auf dem Filter** selbst, (Versuchsreihe C, Tabelle VI), eine Versuchsanordnung welche extrem ungünstige Bedingungen darstellt, wie sie unter praktischen Verhältnissen nie realisiert werden würden, und zwar aus zwei Gründen: erstens wird es überhaupt fast nie vorkommen, daß das Wasser auf dem Filter selbst infiziert würde, sondern man hat in der Praxis nur mit der Möglichkeit der Infektion der Entnahmestelle zu rechnen, und in diesem Falle werden die eingedrungenen Infektionserreger, bevor sie auf das Filter gelangen, erst der Einwirkung des chemischen Fällungsmittels ausgesetzt, wodurch einerseits ihre Zahl vermindert, andererseits die übrig bleibenden Keime durch den Ausflockungsprozeß mitagglutiniert und infolgedessen auf dem Filter leichter zurückgehalten werden; zweitens, nehmen wir selbst einmal den kaum glaublichen Fall an, daß z. B. ein Filter direkt durch typhusbazillenhaltigen Urin infiziert würde (!), so würde der äußerste Keimgehalt pro Kubikzentimeter wohl kaum 1000 übersteigen, während wir in unseren Versuchen das Hundert- bis Tausendfache dieser Zahl spezifischer Keime pro Kubikzentimeter notieren konnten. Wenn nun trotzdem das Filter, auch gegenüber so massiver Infektion und unter so unnatürlichen Bedingungen, eine befriedigende Leistungsfähigkeit entfaltet, so sind diese Versuche für die Brauchbarkeit des Filters unter natürlichen Verhältnissen natürlich a fortiori beweisend. Bei den Versuchen mit Zusatz spezifischer Bakterien — sei es zum Rohwasser vor der Dekantation, sei es zum Filter selbst — läßt sich das Maß der durch das Filter erzielten Retention der spezifischen Keime natürlich in durchaus zuverlässiger Weise bestimmen durch Vergleich der Keimzahl im Filtrat und im Wasser auf dem Filter (bzw. im dekantierten Wasser, gerade bevor es auf das Filter gelangt).

Die so erhaltenen Ziffern für das **wahre Retentionsverhältnis** sind in den Tabellen mit R bezeichnet und die nebenstehenden Sterne oder dergleichen (*, **, ^{0}, ^{000}) weisen auf die Keimzahlen der Tabelle hin, aus denen der betreffende Wert für R abgeleitet ist; wenn irgend tunlich, ist zum Vergleich zwischen Filtrat und unfiltriertem Wasser von letzterem diejenige Probe heranzuziehen, deren Entnahme ca. 15′ vor der entsprechenden Filtratentnahme zurückliegt (Zeitdauer der Passage des ca. 1^{m} hohen Filters bei 4000^{mm} Geschwindigkeit).



Jewell-Filter.
Versuchsreihe C.

Tabelle VI.

Versuchsresultate betreffs Retention spezifischer Keime (Prodigiosus) bei Infektion des zu filtrierenden Wassers nach erfolgter Dekantation, auf dem Filter selbst (unnatürlich schwierige Versuchsbedingungen!). Versuch I.

Datum 1902	Stunden	Rohwasser		Dekantiertes Wasser		Waschwasser Prodigiosus (Minuten nach Beginn des Waschprozesses)	Filtriertes Wasser		Stunden u. Minuten nach der Infektion des Filters	Reduktionsverhältnis	Versuchsbedingungen und Bemerkungen
		Gesamtzahl d. Bakterien	Prodigiosus	Gesamtzahl der Bakterien	Prodigiosus		Gesamtzahl der Bakterien	Prodigiosus			
6. XI.	10h 15′ a. m.	—	—	—	100000	—	—	0	0′	—	10h 15′ a. m. Infektion des Filters bei wohl ausgebildeter Filterdecke, 2h 30′ nach dem Anlassen. 34grm Alaun pro Kubikmeter Rohwasser; 9h Sedimentierung. Filtrationsgeschwindigkeit 93·9m per 24h
	10 25 „	—	—	—	50000*	—	—	—	—	—	
	10 40 „	—	—	—	—	—	—	1, 2, 3, 1* [4 Platten à 1 ccm]	25′	>1:25000*	
	10 55 „	—	—	—	—	—	—	0	40′	—	
	11 15 „	—	—	—	—	—	—	0	1h	—	
	11 30 „	—	—	—	—	—	—	0	1 15′	—	
	11 45 „	—	—	—	—	—	—	0	1 30	—	
	12 „	—	—	—	—	—	—	0	1 45	—	
	1 30 p. m.	—	—	—	—	—	—	0	3 15	—	
	2 „	—	—	—	—	—	—	1	3 45	—	
	3 „	—	—	—	—	—	—	0	4 45	—	
	4 „	—	—	—	—	—	—	0	5 45	—	
	4 30 „	—	—	—	—	—	—	0	6 15	—	
	5 „	—	—	—	20	—	—	0	6 45	—	
7. XI.	9h a. m.	—	—	—	—	—	—	0—0	ca. 23h	—	Filter-Waschprozeß { 9h 0′ begonnen, 9h 21′ beendigt
	9 1′ „	—	—	—	—	(1′) 20000	—	—	—	—	
	9 5 „	—	—	—	—	(5′) 5000	—	—	—	—	
	9 15 „	—	—	—	—	(15′) 300	—	—	—	—	
	9 21 „	—	—	—	—	(21′) 310	—	—	—	—	Filter ward angelassen 9h 25′ a. m.
	9 27 „	—	—	—	—	—	3000	0	—	—	
	9 35 „	—	—	—	—	—	1520	0	—	—	
							n. 2h 180	NB. 12 weitere Proben des Filtrats im Laufe des Tages entnommen (wovon 6 innerhalb der 1. Stnnde) sämtlich keinen Prodigiosuskeim enthaltend			
							n. 4h 120				
							n. 7h 94				

Tabelle VI. (Fortsetzung.)

Versuch II.

Datum 1902	Stunde	Rohwasser Gesamtzahl d. Bakterien	Rohwasser Prodigiosus	Dekantiertes Wasser Gesamtzahl der Bakterien	Dekantiertes Wasser Prodigiosus	Waschwasser Prodigiosus (Minuten nach Beginn des Waschprozesses)	Filtriertes Wasser Gesamtzahl der Bakterien	Filtriertes Wasser Prodigiosus	Stunden u. Minuten nach der Infektion des Filters	Reduktionsverhältnis	Versuchsbedingungen u. Bemerkungen
2. XII.	mittags 12^h	—	—	—	—	—	24	0—0	—	—	5^h 17′ p. m. Infektion des Filters bei wohl ausgebildeter Filterdecke, 7^h 34′ nach dem Anlassen. 25 grm Alaun pro Kubikmeter; 6^h Sedimentierung. Filtrationsgeschwindigkeit 120 mm pro 24^h.
	5^h 37′ p. m.	2944	512	768	70	—	38	0—0	—	—	
	5 47 „	—	—	—	414 720*	—	—	—	—	—	
	5 51 „	—	—	—	—	—	57	0—0	—	—	
	5 54 „	—	—	—		—	120	10	7′	—	
	5 56 „	—	—	—		—	416	13	9′	—	
	5 59 „	—	—		—	—	448	24*	12′	1:17 250*	
	6 2 „	—			—		320	6·5	15′	—	
	6 4 „	—	—	—	36 864**	—	—	—	—	—	
	6 7 „	—	—	—		—	224	4·5	20′	—	
	6 12 „	—		—		—	160	1·5	25′	—	
	6 17 „	—		—	—	—	128	2**	30′	1:18 450**	
	6 22 „	—			—	—	75	0·5	35′	—	
	6 27 „	—	—	—		—	42	0—0	40′	—	
	6 30 „		—		3 200	—	—	—	43′	—	
	9 43 „	—	—	—	400	—	—	0—0		—	
	9 51 „	—		—		(½′) 240 000	—	—	—	—	Beginn des Waschprozesses.
	9 57 „		—		—	(6′) 2 400					Ende des Waschprozesses.
	10 5 „	—	—	—	—			5		—	Filter ward angelassen 10^h 4′ p. m.
	10 10 „	—						4		—	
	10 25 „	—	—			—	—	0·5		—	
	10 30 p. m.	—	—			—	—	0·5	—	—	
3. XII.	9^h 48′ a. m.		—	—	—		40	0—0	—	—	
	9 54 „		—			(½′) 130 000	—		—	—	Beginn des Waschprozesses.
	9 59 „		—			(6′) 3 600		—		—	Ende des Waschprozesses.

Tabelle VI. (Fortsetzung.)
Versuch III.

Datum 1902	Stunde	Rohwasser: Gesamtzahl d. Bakterien	Rohwasser: Prodigiosus	Dekantiertes Wasser: Gesamtzahl der Bakterien	Dekantiertes Wasser: Prodigiosus	Waschwasser Prodigiosus (Minuten nach Beginn des Waschprozesses)	Filtriertes Wasser: Gesamtzahl der Bakterien	Filtriertes Wasser: Prodigiosus	Stunden u. Minuten nach der Infektion des Filters	Reduktionsverhältnis	Versuchsbedingungen u. Bemerkungen
24. XI.	9h 35′ a. m.	—	6 400	—	2 200	—	30	0	—	—	10h 12′. Infektion des Filters ganz am Anfang der Arbeitsperiode, nur 6 Min. nach beendigtem Waschprozeß; Filterdecke noch ungenügend ausgebildet. — $AlSO_4$ 18grm pro Kubikmet. (ungenügende Dosis!). 6h Sedimentierung. Filtrationsgeschwindigkeit 93·9m pro 24h. — Waschprozeß vor Beginn des Versuchs 9h 54′ a. m. begonnen, 10h 1′ a. m. beendigt. 10h 6′ a. m. Filter angelassen. NB.! * wahrscheinlich ist diese Ziffer zu niedrig, da bei der ungeheuren Menge des Prodigiosus im Rohwasser die daselbst angegebene Zahl wahrscheinlich zu gering bestimmt ist.
	9 45 ,,	—	—	—	—	—	42	0	—	—	
	9 54 ,,	—	—	—	—	(½′) 120 000	—	—	—	—	
	10 1 ,,	—	—	—	—	(7′) 3 800	—	—	—	—	
	10 7 ,,	—	—	—	—	—	89	1	—	—	
	10 12 ,,	—	—	—	630 000*	—	—	1	0′	—	
	10 17 ,,	—	—	—	—	—	125	10	5′	—	
	10 19 ,,	—	—	—	—	—	960	56	7′	—	
	10 25 ,,	—	—	—	—	—	2560	6400*	13′	> 1 : 98·5*	
	10 30 ,,	—	—	—	—	—	—	2944	18′	—	
	10 40 ,,	—	—	—	—	—	2240	1984	28′	—	
	10 45 ,,	—	—	—	—	—	1286	256	33′	—	
	10 47 ,,	—	—	—	9 728**	—	—	—	35′	—	
	10 50 ,,	—	—	—	—	—	512	204	38′	—	
	10 55 ,,	—	—	—	—	—	768	27**	43′	} > 1:700**	
	11 ,,	—	—	—	—	—	160	2**	48′		
	11 10 ,,	2800	11 200	—	—	—	130	—	—	—	
	11 45 ,,	—	—	—	3 800***	—	49	2	1h 33′	—	
	12 ,,	—	—	—	—	—	59	1***	ca. 2h	1 : 3800***	
	3 45 p. m.	—	—	—	1 280	—	39	0	—	—	

Tabelle VI. (Fortsetzung.) **Versuch IV.**

Datum 1902	Stunde	Rohwasser: Gesamtzahl d. Bakterien	Rohwasser: Prodigiosus	Dekantiertes Wasser: Gesamtzahl der Bakterien	Dekantiertes Wasser: Prodigiosus	Waschwasser Prodigiosus (Minuten nach Beginn des Waschprozesses)	Filtriertes Wasser: Gesamtzahl der Bakterien	Filtriertes Wasser: Prodigiosus	Stunden u. Minuten nach der 1. (bzw. 2.) Injektion des Filters	Reduktionsverhältnis	Versuchsbedingungen und Bemerkungen
3. XII.	9 h 48′ a. m	—	—	—	—	—	40	0—0	—	—	Ende einer 12stündigen Arbeitsperiode
	9 54 ,,	—	—	—	—	(1/2′) 130000	—	—	—	—	Beginn } des Waschprozesses
	9 59 ,,	—	—	—	—	(5′) 3600	—	—	—	—	Ende }
	10 6 ,,	—	—	—	—	—	416	0·5	—	—	Filter wied. angelassen.
	10 8 ,,	—	—	—	161280*	—	234	3	0′	—	10 h 8′ a. m. Infektion d.
	10 11 ,,	—	—	—	—	—	—	0—0	3′	—	Filters ganz am Anfang
	10 14 ,,	—	—	—	—	—	800	65	6′	—	der Arbeitsperiode, nur
	10 17 ,,	—	—	—	—	—	—	160*	9′	1:1000*	2 Min. nach beendigtem
	10 20 ,,	3584	704	—	—	—	1920	160	12′	—	Waschprozeß, zu einer
	10 23 ,,	—	—	—	—	—	2400	85	15′	—	Zeit, da die Filterdecke
	10 26 ,,	—	—	—	—	—	1340	37	18′	—	noch ungenügend aus-
	10 29 ,,	—	—	—	—	—	1340	16	21′	—	gebildet.
	10 33 ,,	—	—	—	—	—	704	14	25′	—	Infektion wieder-
	10 38 ,,	—	—	—	4352**	—	256	10	29′	—	holt: 11 h 7′ a. m. d. h.
	10 43 ,,	—	—	—	—	—	608	0·5	34′	—	1 h nach dem Anlassen.
	10 48 ,,	—	—	—	—	—	234	2**	39′	1:2176**	Alaun 25 grm per Kubik-
	10 58 ,,	—	—	—	—	—	80	1·5	49′	—	meter. 6 h Sedimentie-
	11 6 ,,	—	—	—	2240	—	76	0·5	57′	—	rung. Filtergeschwin-
	11 7 ,,	—	—	—	196000***	—	—	—	1 h	—	digkeit 120 m pro 24 h.
	11 11 ,,	—	—	—	—	—	90	1	1 4 (4′)	—	
	11 14 ,,	—	—	—	—	—	256	9	1 7 (7′)	—	
	11 17 ,,	—	—	—	—	—	1184	74***	1 10 (10′)	1:2650***	
	11 20 ,,	—	—	—	—	—	1600	69	1 13 (13′)	—	
	11 24 ,,	—	—	—	—	—	1056	29	1 17 (17′)	—	
	11 28 ,,	—	—	—	—	—	576	16	1 21 (21′)	—	
	11 33 ,,	—	—	—	—	—	480	3	1 26 (26′)	—	
	11 39 ,,	—	—	—	21800⁰	—	344	0·5	1 32 (32′)	—	
	11 48 ,,	—	—	—	—	—	240	0·5⁰	1 41 (41′)	>⁰1:10000	
	11 58 ,,	—	—	—	—	—	192	1·5	1 51 (51′)	—	
	12 8 p. m	—	—	—	11000⁰⁰	—	106	0—0⁰⁰	2 1 (1 h 1′)	⁰⁰>1:22000	
	5 ,,	—	—		3400	—	109	0—0	ca. 7 h (6 h)	—	
	9 40 ,,			—	2712	—	—	0—0	—	—	
	9 47 ,,				—	(1/2′) 288000	—	—	—		Beginn } des Waschprozesses
	9 54 ,,		—			(8′) 82256					Ende }

Tabelle VI. (Fortsetzung.)

Versuch V.

Datum 1902	Stunde	Rohwasser Gesamtzahl d. Bakterien	Rohwasser Prodigiosus	Dekantiertes Wasser Gesamtzahl der Bakterien	Dekantiertes Wasser Prodigiosus	Waschwasser Prodigiosus (Minuten nach Beginn des Waschprozesses)	Filtriertes Wasser Gesamtzahl der Bakterien	Filtriertes Wasser Prodigiosus	Stunden u. Minuten nach dem Anlassen des Filters	Reduktionsverhältnis	Versuchsbedingungen u. Bemerkungen
6. XII.	10h 11′ a. m.	—	—	—	—	—	—	0—0	1′	—	Filter, gewaschen 9h 50′ a. m., wird 10h 10′ wieder angelassen (Alaun 25 grm pro Kubikmeter, Filtrationsgeschwindigkeit 120m pro 24h) u. wiederholentlich sehr stark mit Prodigiosus infiziert: 1. Sogleich . . . 2. 10h 20′, d. h. 10′ 3. 10h 30′, „ 20′ 4. 10h 40′, „ 30′ 5. 10h 50′, „ 40′ } nach dem Anlassen.
	10 12 „	—	—	—	—	—	—	1	2′	—	
	10 15 „	—	—	—	1 080 000*	—	—	384	5′	—	
	10 19 „	—	—	—	—	—	—	11900	9′	> 1:100	
	10 20 „	—	—	—	691 200**	—	—	—	—	—	
	10 22 „	—	—	—	—	—	—	5760	12′	—	
	10 25 „	—	—	—	1 252 800***	—	—	5600*	15′	1:200	
	10 30 „	—	—	—	—	—	—	2880**	20′	1:240	
	10 35 „	—	—	—	806 400****	—	—	2600***	25′	1:480	
	10 40 „	—	—	—	—	—	—	2000	30′	—	
	10 45 „	—	—	—	172 800°	—	—	640****	35′	1:1260	
	10 50 „	—	—	—	—	—	—	460	40′	—	
	10 55 „	—	—	—	274 000°°	—	—	175°	45′	ca. 1:1000	
	11 2 „	—	—	—	51 200°°°	—	—	130	52′	—	
	11 5 „	—	—	—	—	—	—	128°°	55′	1:2140	
	11 10 „	—	—	—	—	—	—	56	60′	—	
	11 15 „	—	—	—	—	—	—	18°°°	65′	ca. 1:3000	
	11 20 „	—	—	—	35 200°°°°	—	—	10	70′	—	
	11 25 „	—	—	—	—	—	—	8·5	75′	—	
	11 32 „	—	—	—	—	—	—	3·5°°°°	82′	ca. 1:10000	
	11 37 „	—	—	—	—	—	—	3	87′	—	

Résumé der Versuchsreihe C betreffs Retention spezifischer Keime bei direkter Infektion des Filters.

Versuch III: Ungenügende Filterdecke infolge zu geringer $Al_2(SO_4)_3$-Dosis (18 grm)

	Zeit		Retention
Retention	19′	nach dem Anlassen	> 1 : 98·5
„	51	„ „ „	> 1 : 700
„	2h	„ „ „	1 : 3800

Versuche I, II, IV, V: Normale Ausbildung der Filterdecke

	Zeit		Retention	Versuch	
Retention	9′	nach dem Anlassen	> 1 : 100	(Versuch V)	
„	11	„ „ „	1 : 1000	(„ IV)*	
„	15	„ „ „	1 : 200	(„ V)	
„	20	„ „ „	1 : 240	(„ V)	
„	25	„ „ „	1 : 480	(„ V)	
„	35	„ „ „	1 : 1260	(„ V)	
„	41	„ „ „	1 : 2176	(„ IV)*	
„	45	„ „ „	1 : 1000	(„ V)	
„	55	„ „ „	1 : 2140	(„ V)	Mittel nach 1h 1 : 2600
„	1h 5	„ „ „	1 : 3000	(„ V)	
„	1 12	„ „ „	1 : 2650	(„ IV)	
„	1 22	„ „ „	1 : 10000	(„ V)	
„	1 43	„ „ „	1 : 10000	(„ IV)	
„	2	„ „ „	> 1 : 22000	(„ IV)	
„	2 30	„ „ „	> 1 : 25000	(„ I)	
„	7 30	„ „ „	ca. 1 : 18000	(„ II)	

Gegen die Verwendbarkeit des Bacillus prodigiosus zu quantitativen Keimbestimmungen bei Filterversuchen haben ja nun in der letzten Zeit — nach Bekanntwerden unserer offiziellen Berichte über die Alexandriner Untersuchungen — Schreiber[1] und insbesondere Hilgermann[2] (auf Grund ihrer Erfahrungen mit einer Versuchsanlage des Jewell-Filters in Friedrichshagen bei Berlin) schwere Bedenken erhoben, und Hilgermann geht soweit zu behaupten, „daß quantitative Bestimmungen mit dem Bacterium prodigiosum einwandfreie Resultate nicht ergeben, bzw. daß irgendwelche Schlüsse aus der Zahl der wiedergefundenen Keime auf den Wert einer Anlage nicht zu ziehen sind . . . .“ Schreiber basiert seine Zweifel auf die Tatsache, daß die in der Tiefe des Agars zur Entwicklung gelangenden Kolonien wegen Sauerstoffmangels keinen Farbstoff bilden und auch sonst nicht genügend charakteristisch seien, um eine sichere Erkennung zu ermöglichen. Hilgermann kommt zu seiner abfälligen Kritik der Prodigiosusversuche auf Grund eigener Versuche betreffs der Labilität der Farbstoffbildung des Prodigiosus bei Aufenthalt im Wasser; schon nach 5stündigem Aufenthalt in bakterienreichem Roh-

[1] A. a. O.

[2] *Vierteljahrsschrift f. gerichtl. Medizin u. öffentl. Sanitätswesen.* Berlin 1906. 3. Folge. Bd. XXXII. — *Archiv f. Hygiene.* 1906. Bd. LIX. S. 150.



wasser (Flußwasser) waren die nachher auf der Platte aufgehenden Kolonien weiß und derselbe Effekt fand bei künstlich mit Bakterien angereichertem Wasser und bei vitaler Konkurrenz mit Bacillus fluorescens liquefaciens und Wasservibrionen schon bei einem Aufenthalt von nur 30 Minuten statt.

Was zunächst die Einwände Hilgermanns angeht, so vermögen wir dieselben — wenigstens was unsere Versuche anlangt — in sehr einfacher und bündiger Weise zu widerlegen. Erstens nämlich konnten wir eine solche Labilität der Farbstoffproduktion des Prodigiosus, wie sie von Hilgermann behauptet wird, in unseren Versuchen nie beobachten, (was möglicherweise an Verschiedenheiten des Wassers, sehr wahrscheinlich aber an Verschiedenheiten der zu den Versuchen verwendeten Stämme des Prodigiosus liegt)[1]; konnten wir doch regelmäßig am Ende der Arbeitsperiode, d. h. 12 Stunden, in Versuch Nr. 1 der Tabelle VI sogar 24 Stunden, nach einmaliger Infektion des Wassers auf dem Filter den Prodigiosus in geradezu riesigen Mengen und mit tadellos erhaltener Farbstoffproduktion in den ersten Portionen des Waschwassers wiederfinden; wenn also in der verschlammten und äußerst bakterienreichen Filterdecke der Prodigiosus unverändert seine charakteristische Farbstoffbildung bewahrte, um wie viel mehr in dem klaren bakterienarmen Reinwasser! In demselben Sinne spricht auch die Tatsache, daß in der Versuchsreihe B (Tabelle V) — bei Prodigiosuszusatz zum Rohwasser vor Anwendung des Alauns — die typischen roten Kolonien stets massenhaft im dekantierten Wasser, d. h. nach sechsstündiger Einwirkung des Dekantationsprozesses nachweisbar waren, und daß das durch die Alaunfällung bewirkte Reduktionsverhältnis zwischen Rohwasser und dekantiertem Wasser für den Prodigiosus annähernd denselben Zahlenwert hatte, wie für die gewöhnlichen Wasserbakterien (für letztere laut Tabelle IV etwa 1 : 4, für den Prodigiosus laut Tabelle V etwa 1 : 5·5); es kann also — außer der mechanischen Ausfällung — keine nennenswerte spezifische Schädigung des Prodigiosus erfolgt sein. Zweitens aber, selbst wenn die Farbstoffbildung des Prodigiosus durch Aufenthalt im Wasser so leicht verändert wurde, wie das von Hilgermann beobachtet, von uns aber keineswegs bestätigt wurde, so würde selbst dann die Beweiskraft gerade

[1] Die Kolonien unserer Prodigiosusstämme zeigten stets, wo sie aufgingen, eine ganz gleichmäßige, intensive, dunkelrote Farbstoffbildung, so daß die Agarplatten wie mit Siegellacktröpfchen besetzt aussahen. Wir haben bei unserem Stamm niemals die bei anderen Stämmen wohl hervortretende Tendenz gefunden, auf derselben Platte Kolonien in allen Übergängen von weiß über rosa zu rot zu bilden, wie das z. B. auch beim Wachstum des Prodigiosus bei über 30° auftritt.



Jewell-Filter.
Versuchsreihe D.

Tabelle VII.

Verhalten gegenüber Störungen des Filters.

Versuch I. (Zufluß völlig ungenügend geklärten Wassers zum Filter und Verschmutzung des Filterkörpers.)

Datum	Stunde	Rohwasser		Dekantiertes Wasser		Filtriertes Wasser		Waschwasser		Bemerkungen
		Gesamtzahl der Bakterien	Prodigiosus	Gesamtzahl der Bakterien	Prodigiosus	Gesamtzahl der Bakterien	Prodigiosus	Gesamtzahl der Bakterien	Prodigiosus	
13. XI. 02	12^h	—	480	—	72	54	0	—	—	13. XI. Filter seit einer Stunde nach vorangegangener Waschung angelassen; 34 grm Alaun pro cbm, 6stündige Sedimentierung, Filtriergeschwindigkeit 93·9 m pro 24 h.
	2 30′ p. m.	—	—	—	—	34	0	—	—	
	4 15 „	—	—	—	—	14	0	—	—	
	5 „	—	—	—	—	12	0	—	—	
	9 35 „	—	—	—	—	—	0	—	—	Ende der 10½stündigen Arbeitsperiode.
	10 50 „	—	—	—	—	—	0	—	—	30′ nach beendeter Waschung.
14. XI.	9^h a. m.	—	3600	—	2440!	240!	4!	—	—	14. XI. In der Nacht ist durch Versehen des Wärters (falsche Stellung der Hähne!) ganz ungenügend geklärtes Rohwasser auf das Filter gelangt; das Filtrat ist deutl. getrübt.
	10 30′ „	—	—	—	—	360!	2!	—	—	
	11 1 p. m.	—	—	—	—	2400	3·1	—	—	Das Filter wird sogleich angehalten u. sorgfältig 2mal (morgens u. abends) gewaschen. Kein Prodigiosuszusatz zum Rohwasser bis zum 15. XI.
	11 5 „	—	—	—	—	2800	0	—	—	
	11 10 „	—	—	—	—	2304	2	—	—	
	11 15 „	—	—	—	—	2400	0·5	—	—	Die nächste Arbeitsperiode (14./15. XI. nachts) zeigt bereits nahezu normale Verhältnisse (vgl. Schlußzahlen am 15. XI. morgens).
	11 20 „	—	—	—	—	1900	0	—	—	
15. XI.	8^h 45′ a. m.	5200	0	220	0	20	0	—	—	Immerhin verläuft der darauffolgende Waschprozeß (11^h 1′—15′) noch abnorm, indem die Menge des Prodigiosus statt wie normalerweise abzunehmen gegen Ende des Waschprozesses ansteigt (Keime in der Tiefe des Filters!).
	10 15 „	—	—	—	—	28	0	—	—	
	11 1 „	—	—	—	—	—	—	36000	200	
	11 5 „	—	—	—	—	—		4000	400	
	11 15 „	—	—	—	—	—		2500	560	

Tabelle VII. (Fortsetzung).

Datum	Stunde	Rohwasser		Dekantiertes Wasser		Filtriertes Wasser		Waschwasser		Bemerkungen
		Gesamtzahl der Bakterien	Prodigiosus	Gesamtzahl der Bakterien	Prodigiosus	Gesamtzahl der Bakterien	Prodigiosus	Gesamtzahl der Bakterien	Prodigiosus	
15. XI. 02	11h 41′ a. m.	—	—	—	—	**34500** 20000	0 0	—	—	Auch in der nächstfolgendenden Arbeitsperiode zeigten sich die Spuren der vorangegangenen Störung noch in den hohen Zahlen der gewöhnlichen Wasserbakterien innerhalb der ersten 2 Stunden (Eröffnung des Filters 11h 40′ a. m.). Von da ab jedoch ist die bakteriologische Wirksamkeit des Filters wieder vollständig hergestellt (vgl. die hohe **Reduktion des Prodigiosus am Ende dieser Periode**).
	11 45 „	—	—	—	—	**30200** 11500	3 0	—	—	
	11 50 „	—	—	—	—	**14906** 6400	0 0	—	—	
	11 55 „	—	—	—	—	**3000** 3200	0 0	—	—	
	12 „	—	—	—	—	**2300** 1540	0 0	—	—	
	12 5 p. m.	—	—	—	—	**768** 896	0 0	—	—	
	12 10 „	11520	0	362	2	**520** 248	0 0	—	—	
	2 35 „	—	—	—	—	**52**	0	—	—	
	4 „	—	—	—	—	**38**	0	—	—	
	9 42 „	—	—	—	—	—	0	—	—	
	10 14 „	—	—	—	—	—	0	—	—	
	10 18 „	—	—	—	—	—	0	—	—	
	10 28 „	—	—	—	—	—	0	—	—	
16. XI.	8h 15′ a. m.	—	—	—	—	**40**	—	—	—	
	9 55 „	—	4000	—	—	**36**	0*	—	—	* Reduktion > 1 : 3000!
	10 1 „	—	—	—	1536*	—	0*	—	50000	
	10 15 „	—	—	—	—	—	—	—	10000	

Tabelle VII. (Fortsetzung).

Versuch II. (Grobe mechanische Verletzung der Filterdecke.)

Datum	Stunde		Rohwasser		Dekantiertes Wasser		Filtriertes Wasser		Waschwasser		Bemerkungen
			Gesamtzahl der Bakterien	Prodigiosus	Gesamtzahl der Bakterien	Prodigiosus	Gesamtzahl der Bakterien	Prodigiosus	Gesamtzahl der Bakterien	Prodigiosus	
28. XI. 02	9^h	a. m.	3072	120	1280	52	54	0	—	—	**Ende einer normalen 12stündigen Arbeitsperiode** (25^{grm} Alaun. Filtriergeschwindigkeit 120^m pro 24^h). Waschung des Filters 9^h 42′—49′ a. m.; Filter wieder angelassen 9^h 58′. Resultat durchaus normal bis 10^h 30′ a. m. Um 10^h 43′ a. m. stößt eine beim Versuch zufällig anwesende fremde Person aus Versehen mit einem Spazierstock etwa 5^{cm} tief in das Filter!! Der Erfolg zeigt sich in sofortiger Erhöhung der Zahl der gewöhnlichen Wasserbakterien (offenbar durch Druckschwankung losgelöst!) während der nächsten halben Stunde; Prodigiosuskeime sind im Filtrat nicht nachweisbar, d. h. auch das in seiner obersten Schicht mechanisch verletzte Filter hat immer noch eine Retentionsfähigkeit von > 1 : 350! Schon nach 1$^1/_2$ Stunden wieder normale Verhältnisse.
	9 42′	,,	—	—	—	—	—	—	—	18560	
	9 49	,,	—	—	—	—	—	—	—	2048	
	9 59	,,	—	—	—	—	**4800**	0	—	—	
	10 5	,,	—	—	—	—	448	0·5	—	—	
	10 10	,,	—	—	—	—	**640**	1	—	—	
	10 16	,,	—	—	—	—	288	0	—	—	
	10 21	,,	—	—	—	—	**75**	0·5	—	—	
	10 30	,,	—	—	—	—	63	0	—	—	
	10 48	,,	—	—	—	—	304	0—0	—	—	
	10 55	,,	—	—	—	—	288	0—0	—	—	
	11 3	,,	—	—	—	—	384	0—0	—	—	
	11 15	,,	2176	134	1536	62	—	—	—	—	
	12	,,	—	—	—	—	68	0—0	—	—	
	3	p. m.	—	—	—	—	53	0—0	—	—	
	3 35	,,	—	—	—	—	26	0—0	—	—	
	9 28	,,	—	—	—	—	—	0—0	—	—	
	9 30	,,	—	—	—	—	—	0—0	—	—	

Tabelle VII. (Fortsetzung.)

Versuch I. (Störung der Filterdecke durch Aufgießen von Wasser; vgl. Versuchsanordnung in Versuchsreihe C.)

11. Dez. 02. $Al_2(SO_4)_3$: 25^{grm} pro Kubikmeter; 93·9^{m} Geschwindigkeit. Filter seit etwa 5½ Stunden in Betrieb.

	Prodigiosus	Gewöhnliche Wasserbakterien
5^h 25′ p. m.		
Wasser auf dem Filter	1280	—
Filtrat	0	82
Aufgießen filtrierten Wassers!		
Filtrat nach 5′:	1	384
„ „ 10′:	1	320
„ „ 15′:	3	320
„ „ 20′:	3	320
„ „ 25′:	3	256

Versuch abgebrochen.

unserer eklatantesten Resultate nicht erschüttert werden können; wir meinen unsere Versuche mit Infektion des Wassers auf dem Filter selbst, wo die Zeitdauer zwischen dem Moment der Infektion und dem Moment der Konstatierung des Prodigiosus im Filtrat sich auf höchstens 15 Minuten bemißt, d. h. gerade die Zeit, welche zur Passage des Filters erforderlich ist; innerhalb dieser 15 Minuten könnte aber — selbst nach Analogie der Hilgermannschen Resultate — keine nennenswerte Schädigung des Prodigiosus (im Reinwasser!) erfolgt sein, um so weniger als nach der gleichen Zeit im Wasser auf dem Filter — trotz der durch die beständige Erneuerung desselben erfolgende Verdünnung — noch massenhaft typisch rotwachsende Prodigiosuskeime enthalten sind; vgl. z. B. Versuch II der Tabelle VI, wo nach einmaliger Infektion des Rohwassers die Keimzahlen für den Prodigiosus nach 1 Minute ca. 415000, nach 17 Minuten noch ca. 37000 betragen, während das Maximum im Filtrat (nach 15′) 24 nicht übersteigt; diese Ziffern sind schlechterdings nicht durch Verlust der Farbstoffproduktion, sondern ausschließlich durch Retention des Prodigiosus auf dem Filter zu erklären. Damit können wir die Einwände Hilgermanns gegen unsere Versuchsanordnung als definitiv abgetan betrachten. Was die von Schreiber ausgesprochenen Bedenken betreffs der Schwierigkeit der Erkennung tiefliegender Prodigiosuskolonien in Agarplatten anlangt, so haben wir dem zweierlei entgegenzuhalten; zunächst haben wir beispielsweise den zu Versuch Nr. 1 der Tabelle VI gehörigen Agarplattensatz zu Demonstrationszwecken fast eine Woche hindurch aufbewahrt und verdächtige tiefliegende Kolonien sogar mit dem

Platindraht angestochen; nur eine Kolonie kam dadurch noch verspätet zur Entwicklung. Vor allem aber haben wir, um uns in dieser Beziehung zu sichern, neben den Agarplatten häufig noch Parallelkulturen in Gelatine angelegt (vgl. die fettgedruckten Zahlen der Versuchsprotokolle Nr. II, III und IV der Tabelle VI); hier hätten Prodigiosuskolonien schon durch ihre starke Verflüssigung auffallen müssen. Unser Mißtrauen war nämlich in dieser Beziehung durch den Umstand geweckt worden, daß — nach Prodigiosuszusatz zum Wasser auf dem Filter — im Filtrat jedesmal nicht nur die Prodigiosuskeime, sondern auch die gewöhnlichen Wasserbakterien für eine gewisse Zeit vermehrt waren (vgl. Tabelle VI); um nun nicht zu ganz illusorischen Zahlenwerten für die Leistungsfähigkeit des Filters zu gelangen, war es natürlich für uns von elementarer Bedeutung, zu wissen, ob unter diesen „gewöhnlichen Wasserbakterien" nicht etwa farblose Prodigiosuskolonien verborgen sein könnten. Gegen diese Eventualität schützten wir uns eben durch die Anlegung von Gelatineplatten und zwar stets mit 1 bis 2 ccm Wasser; es wird wohl niemand an die Möglichkeit glauben, daß in einer Gelatineplatte von nur 10 cm Durchmesser mehrere Tausende von Prodigiosuskolonien der Beobachtung entgehen oder auch überhaupt nur zählbar wären; solche Platten wären vielmehr total verflüssigt worden. Es ist also ganz unmöglich, die hohen Ziffern für gewöhnliche Wasserbakterien, welche nach dem Prodigiosuszusatz zum Filter zeitweise auftreten, in dem Sinne zu deuten, daß hier unbemerkt gebliebene Prodigiosuskeime vorliegen; der wahre Grund dieser Erscheinung liegt vielmehr darin, daß bei dem plötzlichen Aufgießen einer größeren Menge von Prodigiosusaufschwemmung auf das Wasser im Filter eine Störung der Filterdecke eintritt, wie denn ganz dieselbe Erscheinung auch durch Aufgießen gewöhnlichen Wassers hervorgerufen werden kann (vgl. Tabelle VII, Versuch Nr. 3).

2. Versuchsresultate. Bezugnehmend auf diejenigen Punkte im Betriebe des amerikanischen Schnellfiltersystems, welche wir oben bei der Aufstellung unseres Versuchsplanes als besonders strenger experimenteller Prüfung bedürftig befunden haben, wenden wir uns zunächst a) zu der Frage, ob bei der in Betracht kommenden enormen Filtriergeschwindigkeit überhaupt ein befriedigender bakteriologischer Reinigungseffekt erreicht werden kann. Diese Frage ist durch den Ausfall der Versuche Nr. I und II der Versuchsreihe C (Tabelle VI) für beide in der Praxis des Schnellfilterbetriebs am meisten gebräuchliche Geschwindigkeiten von ca. 94 bzw. 120 m pro 24 Stunden (d. h. ca. 4000 bzw. 5000 mm pro Stunde) in bejahendem Sinne entschieden, und zwar mit überraschend günstigem Resultat und unter schwierigen, ja geradezu unnatürlichen Bedingungen (massenhaft direkte Infektion des Wassers auf dem Filter). Die Infektion



des Filters erfolgte in beiden Versuchen zu einem Zeitpunkt, an dem eine genügende Ausbildung der filtrierenden Decke erwartet werden konnte, nämlich $2^1/_2$ bzw. 6 Stunden nach dem Anlassen. Trotzdem die Zahl der Prodigiosuskeime im Wasser auf dem Filter unmittelbar (eine Minute) nach der Infektion 100000 bzw. ca. 415000 betrug und noch nach 10 bzw. 17 Minuten 50000 bzw. ca. 37000 gezählt werden konnten, war das Maximum der durch das Filter passierenden Prodigiosuskeime im ersten Versuch nur 2 pro Kubikzentimeter und im zweiten Versuch 24 pro Kubikzentimeter, was einem Reduktionsverhältnis von ca. 1:25000 bzw. 1 bis 17250 im **Minimum** entsprach. Besonders bemerkenswert ist, daß auch dieser verschwindend geringe Bruchteil der spezifischen Bakterien des unfiltrierten Wassers nur in der ersten halben Stunde nach der Infektion des Filters passierte; die später entnommenen Proben erwiesen sich fast sämtlich als frei von Prodigiosus (1 Keim auf 13 ^{ccm} im Versuch I, 1 Keim auf 6 ^{ccm} Filtrat im Versuch II), obgleich die am Ende der Arbeitsperiode vorgenommene Untersuchung des Waschwassers bewies, daß enorme Mengen von Prodigiosus in den oberflächlichen Schichten des Filters zurückgehalten worden waren. In demselben günstigen Sinne sprechen alle anderen Beobachtungen über die Leistungsfähigkeit des Filters nach der ersten halben Stunde vom Beginn jeder neuen Arbeitsperiode ab gerechnet (vgl. weiter unten unter c).

b) Die Frage, ob diese hervorragend günstigen Resultate auch bei sehr hohem Wert des Filterdruckes (bis zu 3 ^{m}) bestehen bleiben würden, wurde durch Untersuchung von 24 Proben vom Ende der Arbeitsperiode, bei nahezu „totgearbeitetem“ Filter (Tabelle V) entschieden, und zwar ebenfalls in bejahendem Sinne. In diesen 24 Proben, und zwar in 18 zu je 1 ^{ccm} und 6 zu je 2 ^{ccm}, d. h. im ganzen in 30 ^{ccm} Filtrat wurden im ganzen 3 Prodigiosuskeime gefunden, entsprechend einem Keim pro 10 ^{ccm}; dagegen enthielten 18 Proben des Wassers **auf dem Filter**, gleichfalls am Ende der Arbeitsperiode untersucht, im Mittel 1500 Prodigiosuskeime, woraus sich eine **mittlere Reduktion am Ende der Arbeitsperiode von 1:15000** ergibt, eine Zahl die mit den unter dem vorigen Paragraphen genannten sehr gut übereinstimmt. Das Retentionsvermögen des Filters ist aber offenbar noch viel größer, wenn man bedenkt, wie enorme Mengen von Prodigiosus in der Filterdecke zurückgehalten werden; im Mittel 52500 pro Kubikzentimeter in den ersten Portionen des Waschwassers!). Also, bis zum Ende der Arbeitsperiode und noch bei dem enormen Druck von 3 ^{m} Wassersäule, behält das **Jewell-Filter** seine volle Leistungsfähigkeit.

c) Wir gelangen nun zu der wichtigsten Frage, nämlich zu den **Leistungen des Filters am Anfang der Arbeitsperioden.** Zur



Entscheidung dieser praktisch hochbedeutsamen Frage, von deren Beantwortung es abhängt, von welchem Zeitpunkt nach beendigter Filterreinigung das Filtrat zur Trinkwasserversorgung zugelassen werden darf, wurden drei große Versuchsreihen angestellt:

A. betr. Retention der gewöhnlichen Wasserbakterien (Tabelle IV).

B. betr. Retention spezifischer Keime (Prodigiosus) unter natürlichen Versuchsbedingungen, d. h. bei Infektion des Rohwassers vor Anwendung des Koagulans (Tabelle V).

C. betr. Retention spezifischer Keime (Prodigiosus) unter unnatürlich schweren Versuchsbedingungen, d. h. bei direkter massenhafter und event. wiederholter Infektion des Wassers auf dem Filter selbst (Tabelle VI).

Alle diese drei Versuchsreihen — innerhalb welcher die „Anlaßperiode" des Filters über 30 Male genau untersucht wurde — ergaben übereinstimmend, daß bereits 30 Minuten nach dem Beginn der Arbeitsperiode das Filter einen so hohen Grad der Leistungsfähigkeit erreicht hat, um das Filtrat ohne Bedenken als Trinkwasser verwenden zu lassen. Bleiben wir zunächst bei der Retention der spezifischen Keime, so ergibt sich aus Tabelle V, daß unter normalen Verhältnissen schon nach der ersten halben Stunde ein Reduktionsverhältnis von über 1:10000 erreicht ist, und daß schon innerhalb der ersten halben Stunde eine sehr befriedigende Retention stattfindet, nämlich zwischen 1:2000 und 1:3000, d.h. nahezu dieselbe Ziffer, welche Fränkel u. Piefke in ihren Versuchen als beste Durchschnittsleistungen des voll eingearbeiteten langsamen Sandfilters feststellten. Wenn wir also das Produkt des amerikanischen Schnellfilters erst von dem Moment ab für die Zwecke der Trinkwasserversorgung zulassen, wenn es dem Filtrat des alten europäischen Systems deutlich überlegen ist, so haben wir jedenfalls mehr als genug getan.

In der Versuchsreihe C (Tabelle VI, Résumé) sind — wie das bei den geradezu unnatürlich ungünstigen Versuchsbedingungen zu erwarten stand — die für das Reduktionsverhältnis resultierenden Zahlenwerte etwas niedriger; immerhin begegnen wir auch hier nach der ersten halben Stunde (normalen Alaunzusatz vorausgesetzt!) stets einer Retention von über 1:1000. Sehr bemerkenswert ist die allmähliche Steigerung des bakteriologischen Reinigungseffektes von 1:100 bis 200 im Minimum, ganz am Anfang der Arbeitsperiode (10′ nach dem Anlassen) bis zu 2 Stunden nach dem Anlassen, von wo ab man rechnen kann, daß das Filter seine volle Leistungsfähigkeit, ca. 1:20000, erreicht hat und nun-



mehr bis ans Ende der Arbeitsperiode behält. Die Feststellung, daß auch noch nach der ersten halben Stunde die Leistungsfähigkeit des Filters rasch weiter ansteigt, um zwischen 1 und 2 Stunden nach dem Anlassen ihre volle definitive Höhe zu erreichen, ist auch von praktischem Wert, indem wir damit ein einfaches Mittel in der Hand haben, in Epidemiezeiten die durch das Filter gebotenen Garantien noch zu erhöhen und zwar durch Verlängerung der „Rewash"-Periode (innerhalb welcher das Filtrat vom Konsum ausgeschlossen wird) auf eine ganze, statt wie in normalen Zeiten, eine halbe Stunde.[1]

Die Erhöhung der Filtergeschwindigkeit von 4000 auf 5000 ^{mm} pro Stunde scheint auf die bakteriologische Retentionsfähigkeit des Filters keinen sehr erheblichen Einfluß zu haben; dagegen bewirkte Erniedrigung des Alaunzusatzes unter ein gewisses Minimum (20 ^{grm} pro Kubikmeter) sofort bedeutende Schädigung der Leistungsfähigkeit (vgl. in Tabelle V die Versuche vom 22. und 23. November, sowie in Tabelle VI, Versuch III).

Betrachten wir die Beeinflussung der gewöhnlichen Wasserbakterien durch das Schnellfilter (Tabelle IV), so sehen wir, daß — abgesehen von den ersten Tagen, in denen der Filtersand noch nicht „eingearbeitet" ist (eine Erscheinung, die wir in ganz derselben Weise auch am alten Sandfilter kennen) — bei der Filtriergeschwindigkeit von 94 ^{m} pro 24 Stunden (d. h. 4000 ^{mm} pro Stunde) nach einer halben Stunde vom Wiederanlassen des Filters gerechnet, die Zahl der Keime im Reinwasser sich stets unter 100, ja fast immer unter 50 hält; der seinerzeit von R. Koch angegebene Grenzwert von 100 Bakterien pro Kubikzentimeter bewährt sich also auch für die praktische Kontrolle des Schnellfilters aufs beste, worauf wir weiter unten noch zurückkommen.

Es ist endlich nicht ohne Interesse, die zeitlichen Verhältnisse des Durchtritts der gewöhnlichen Wasserbakterien und der spezifischen Keime während der Anlaßperiode zu vergleichen; hierbei sind selbstverständlich für die gewöhnlichen Wasserbakterien diejenigen Versuche auszuschalten, in denen durch Aufgießen der Prodigiosus-

[1] Es ist uns unerfindlich, wie Hilgermann (a. a. O. S. 24) den betreffenden Passus in Bitters Rapport, wonach es wünschenswert erscheinen kann, in Epidemiezeiten zur Erreichung eines höheren bakteriologischen Leistungseffektes die „Rewash"-Periode auf eine ganze Stunde zu verlängern, so mißverstehen kann, um zu folgendem Satze zu gelangen: „Also nur unter letzterem Vorbehalt, in der stillen Hoffnung, daß es nie zu einer größeren Infektion kommen werde, wäre der Filter imstande, ein hygienisch einwandfreies Wasser zu liefern". — Solch' „stille Hoffnungen" brauchen wir keineswegs zu hegen, halten es aber dennoch für vorteilhaft, für Zeiten besonderer Gefahr auch besondere Sicherheitsmaßregeln ergreifen zu können, wie man das in analogen Fällen gewiß auch beim alten Sandfiltersystem tun würde.



aufschwemmung auf das Filter eine Störung der Filterdecke hervorgerufen worden war (vgl. oben S. 54). Die von dieser Fehlerquelle freien übrigen Versuche zeigen sämtlich ein sehr charakteristisches Verhalten, wie dasselbe durch die Diagramme auf Fig. 6 veranschaulicht wird. Es zeigt sich, daß die Diagramme für den Trübungsgrad des Filtrats und für seinen Gehalt an spezifischen Keimen des Rohwassers parallel verlaufen, beim Anfang der Filtration vom Nullpunkt beginnen und zwischen 10 bis 15 Minuten nach dem Anlassen des Filters ihren Höhepunkt erreichen; gänzlich abweichenden Verlauf zeigt indessen die Kurve für die Zahl der gewöhnlichen Wasserbakterien, welche sogleich nach Beendigung des Waschprozesses rapid ansteigt, um schon nach der dritten Minute, zunächst ebenso rapid, dann langsamer abzufallen. Die Erklärung dieses Verhaltens liegt in folgendem: Nach Beendigung der — stets mit reinem Wasser auszuführenden — Filterwaschung ist das ganze Filter, insbesondere die untere Hälfte desselben, mit reinem klarem Wasser gefüllt; es ist daher verständlich, daß das in den ersten Minuten gelieferte Filtrat, d. h. solange bis das Rohwasser von der Oberfläche des Filters den ganzen Filterkörper passiert hat, nahezu klar und frei von Prodigiosus ist; nach etwa 10 bis 15 Minuten kommt das erste Wasser von oben her an und ist damit gleichzeitig der Moment der ungünstigsten Resultate erreicht, da von nun ab die Leistungsfähigkeit des Filters zusehends steigt und dementsprechend Trübungsgrad und spezifische Keime im Filtrat rasch zurückgehen. Die „gewöhnlichen Wasserbakterien" aber stammen überhaupt nicht aus dem unfiltrierten Wasser, sondern aus der die Sandkörner des Filters überziehenden Bakterienschleimschicht, aus der sie durch den Waschprozeß losgelöst worden sind; sobald diese Residuen des Waschprozesses bei wieder begonnener Filtration fortgeschwemmt worden sind, stellt sich dann sehr bald der normale Gleichgewichtszustand wieder ein, in welchem durch den regelmäßig fließenden Strom des Filtrats in der Zeiteinheit stets annähernd die gleiche Menge der den Filtersand auskleidenden Bakterien abgespült wird, während jede Störung des gleichmäßig fließenden Stroms sofort stärkere Erschütterungen und dadurch Abreißen größerer Mengen der Filterbakterien verursacht. Aus diesem Grunde ist die Zahl der gewöhnlichen Bakterien des Filtrats — obgleich wenigstens zum allergrößten Teil gar nicht aus dem Rohwasser stammend[1] — dennoch ein vorzüglicher, weil überaus empfindlicher, Indikator der Regelmäßigkeit des Filterbetriebes (vgl. zu diesem Zwecke Versuch II der Tabelle VII, wo

[1] Dies geht z. B. auch aus der Artenzusammensetzung dieser Flora hervor, welche ganz anders ist als im Rohwasser (viel weniger Arten; viele in Gelatine sehr klein wachsende Kolonien!).



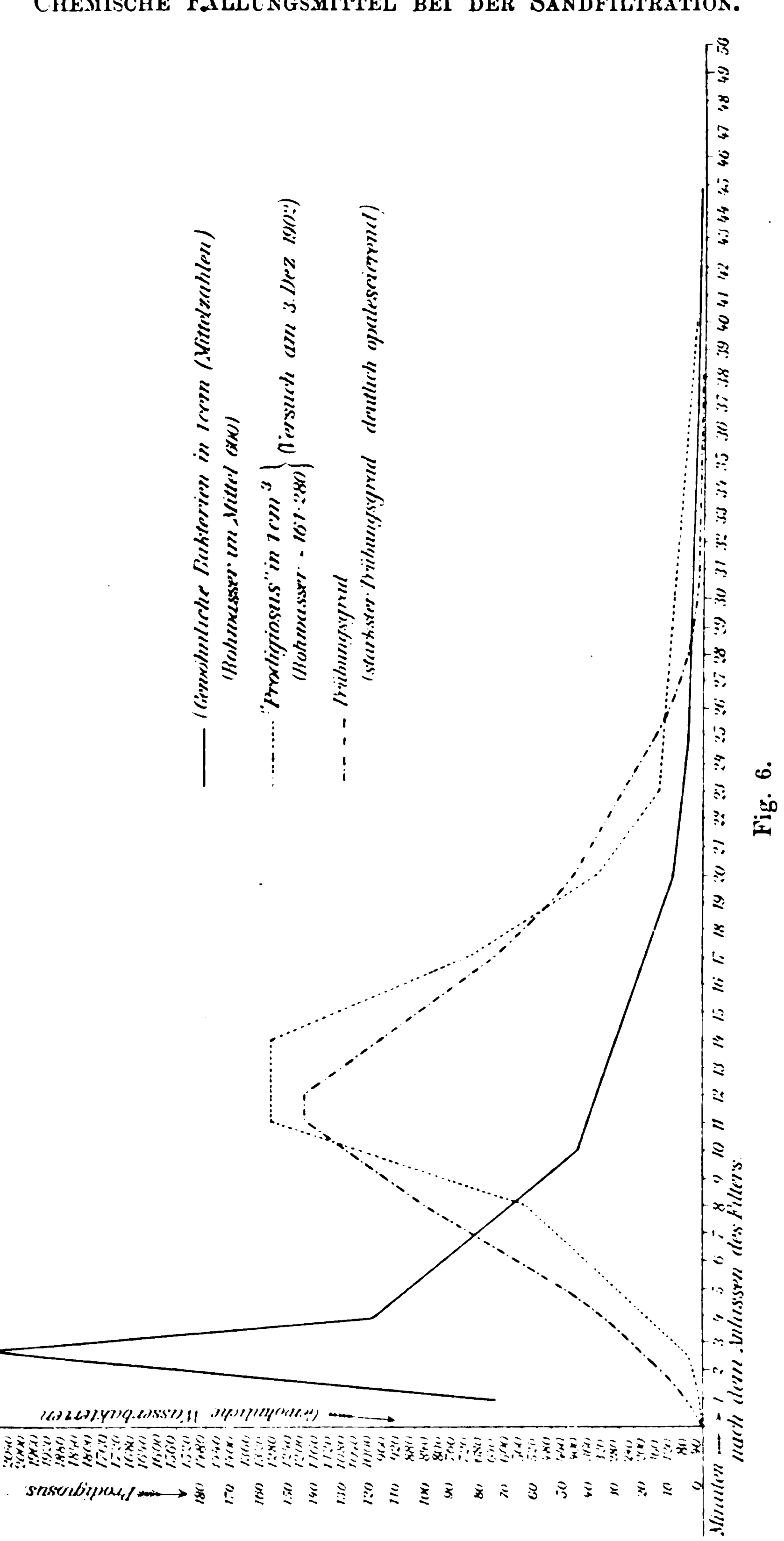

Gewöhnliche Bakterien in 1 ccm (Mittelzahlen)
(Rohwasser im Mittel 600)
"Prodigiosus" in 1 ccm
(Versuch am 3. Dez. 1902)
(Rohwasser - 161·280)
Trübungsgrad
(stärkster Trübungsgrad deutlich opalescierend)
Prodigiosus
Gewöhnliche Wasserbakterien
Minuten
nach dem Anlassen des Filters

Fig. 6.

A und C vor der Reinigung des Filters.
B und D nach der Reinigung
„Piefke's Diagramm": Retention der Bakterien (punktierte Curven) und der suspendierten Thonteilchen (ausgezogenene Curven) in verschiedenen Tiefen des Jewell Filters [---- Piefke's Diagramm aus alten Sandfilter mit Permanganat Process: Retention der Thonteilchen E.]

0 mm 25 50 75 100 125 150 175 200 225 250 275 300 325 350 375 400 425 450 475 500 525

Tiefe des Filtersandes in Centimetern.

2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 54 56 58 60 62 64 66 68 70 Centimeter

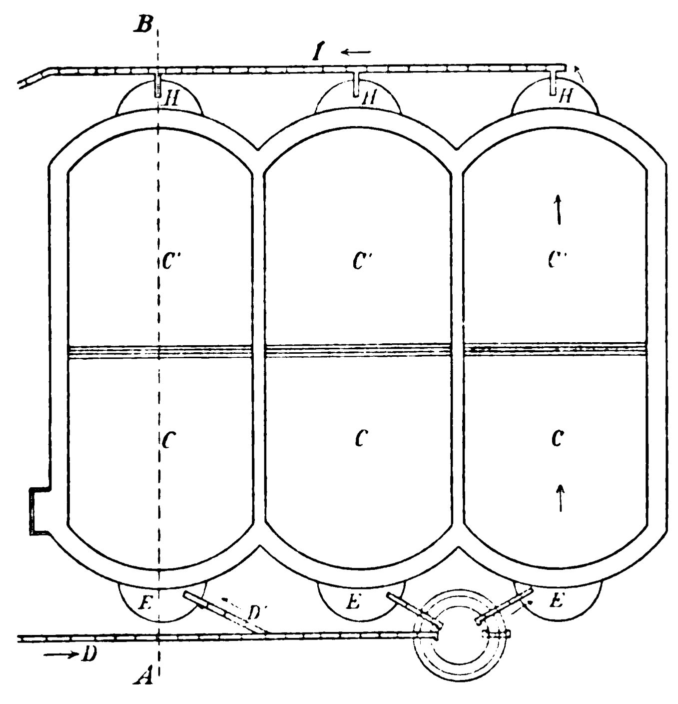
A B C D E

Suspendierte feinste Tonteilchen in 1 kg Sand 1000 mg = 3 mm Ordinatenhöhe				Prodigiosus in 0·1 grm Sand 500 Prodigiosus = 3 mm Ordinatenhöhe		
Tiefen	vor der Reinigung des Filters	nach der Reinigung des Filters	Altes Sandfilter mit Permanganatprozeß	Tiefen	vor der Reinigung des Filters	nach der Reinigung des Filters
0—0·3 cm	48 625	35 875	22 305	0—0·3 cm	275 000	32 000
1 „	25 375	19 750	—	1—2 „	144 000	10 000
2 „	19 125	12 500	—	3 „	—	3 800
3 „	13 250	5 625	—	5 „	12 000	2 600
5 „	7 000	4 625	5190	10 „	1 290	33
10 „	1 500	725	—	25 „	200	1
15 „	500	725	—		*A*	*B*
25 „	500	500	1215			
	C	*D*	*E*			

Fig. 7.

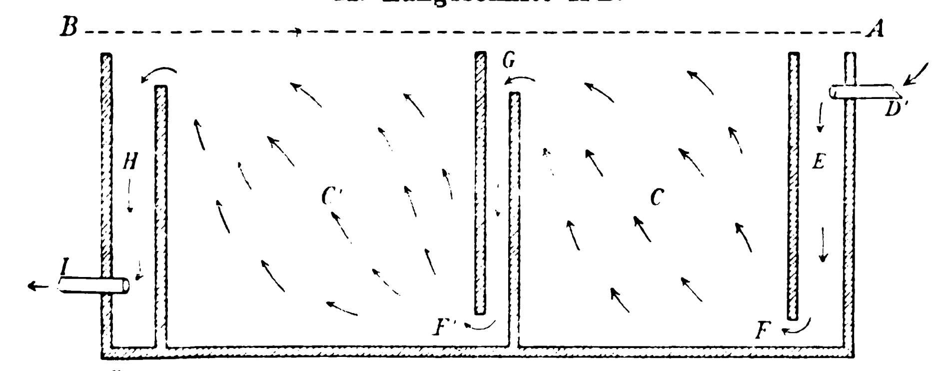
Drei Klärbassins
der Jewell-Filteranlage für die Trinkwasserversorgung Alexandriens.

I. Grundriß.



C = erste Hälfte des Klärbassins.
C' = zweite „ „ „
D = Rohwasserzuleitung (mit Alaun gemischt).
E = Vorkammer.
F = Aufsteigender Strom zur ersten Hälfte des Klärbassins.
F' = „ „ „ zweiten „ „ „

II. Längsschnitt AB.



G = Überfall für den Austritt des geklärten Bassins a. d. 1. Hälfte des Bassins.
G' = „ „ „ „ 2. „ „
H = Sammelbassin am Austritt für das geklärte Wasser.
I = Leitung zu den Filtern.

Fig. 8.



Tabelle VIII.

Kontrolle der Trinkwasser-Versorgung Alexandriens (Jewell-Filter) im Jahre 1906.

Monat	Durchsichtigkeit in Metern					Bakterien in 1 ccm: Mittel (Maximum)						Alaun Promille		Tägl. Leistung der Filteranlage in Kubikmetern	
	Rohwasser		Geklärtes Wasser		Filtriert. Wasser	Rohwasser		Geklärtes Wasser		Filtriertes Wasser					
	Mittel	Minimum	Mittel	Minimum		Mittel	Maximum	Mittel	Maximum	Mittel	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Januar	0·025	(0·02)	0·29	(0·25)	2·00	4·699	8·192	424	640	21	42	15·9	23·1	20·412	25·592
Februar	0·04	(0·025)	0·32	(0·20)	2·00	3·166	5·184	301	1·280	27	54	15·6	21·0	23·377	29·475
März	0·045	(0·03)	0·31	(0·23)	2·00	1·988	3·484	276	768	15	57	14·4	20·8	21·595	31·230
April	0·06	(0·05)	0·34	(0·32)	2·00	1·786	3·072	299	768	16	53	11·0	15·7	25·470	31·140
Mai	0·09	(0·06)	0·32	(0·34)	2·00	717	1·280	125	208	9	30	12·5	19·0	22·445	34·102
Juni	0·12	(0·08)	0·34	(0·34)	2·10	1·336	3·840	215	408	10	18	12·7	15·9	28·215	35·375
Juli	0·11	(0·08)	0·31	(0·25)	2·00	4·661	19·344	153	238	11	21	13·1	16·5	30·300	35·040
August	0·07	(0·01)	0·24	(0·06)	2·00 (min. 0.38)	2·128	14·080	147	406	17	83[2]	14·6	27·6	30·600	34·125
September	0·03	(0·015)	0·26	(0·18)	2·00	4·242	11·520	377	796	26	61	8·5	29·7	26·610	35·175
Oktober	0·06	(0·03)	0·24	(0·16)	2·00	1·764	3·328	251	406	17	43	8·9[1]	13·5[1]	29·717	33·682
November	0·04	(0·03)	0·30	(0·18)	2·00	2·597	6·654	280	708	16	54	21·8	23·9	26·685	34·830
Dezember	0·04	(0·03)	0·23	(0·15)	2·00 (min. 1.57)	1·602	2·560	232	610	13	28	16·4	23·3	26·085	29·715

Bakteriologischer Effekt der Jewell-Filter-Anlage (prozentualer Vergleich zwischen Rohwasser und Filtrat): 99·35 Proz.

" " " **Klärung allein** (Retention der Bakterien des Rohwassers im Verhältnis von): ca. 1 : 10.

[1] Nach vorhergehender Abklärung mit Permanganat (1 grm per 1 cbm): kombiniertes Klärverfahren.

[2] Zeitweise ungenügender Alaunzusatz.



nach grober mechanischer Verletzung der Filterdecke sofort ein vorübergehendes Ansteigen der Zahl der Wasserbakterien stattfindet).

d) Mit den im letzten Paragraphen niedergelegten Beobachtungen haben wir übrigens schon im wesentlichen die Wirkungsweise des Waschprozesses kennen gelernt und insbesondere uns von der Grundlosigkeit der — a priori nicht auszuschließenden — Befürchtungen überzeugt, es könnte durch die Tätigkeit des mechanischen Rührwerkes eine Infektion der tieferen Schichten des Filters stattfinden. Wenn dem so wäre, so müßten die spezifischen Keime unmittelbar nach dem Wiederanlassen im Filtrat auftreten, gerade so wie es mit den von Filtersand abgespülten gewöhnlichen Bakterien tatsächlich der Fall ist; statt dessen kommt der Prodigiosus im Filtrat erst nach einer gewissen Frist zum Vorschein, welch letztere ungefähr der Zeit entspricht, die zur Passage des Filters von oben nach unten erforderlich ist, d. h. der Prodigiosus kommt wahrscheinlich aus dem Rohwasser und aus den allerobersten Schichten des Filters und es ist durch den Waschprozeß keine Versprengung spezifischer Keime in die Tiefe erfolgt.

In demselben Sinne spricht auch die vergleichende Untersuchung der aufeinanderfolgenden Portionen des Waschwassers (vgl. Tabelle VI, Versuch I am 7. November 1902, sowie die auf das definitive Alexandriner Filterwerk bezügliche Tabelle X); bei ordnungsgemäßem Betrieb des Filters ist die Zahl der Bakterien (und zwar sowohl der gewöhnlichen Wasserbakterien wie der etwa zugesetzten spezifischen Keime) stets am Beginn des Waschprozesses am größten, um dann ganz rapid abzunehmen. Wäre eine Infektion der tieferen Schichten des Filtersandes erfolgt (wie das z. B. tatsächlich am 14. November 1902 durch einen Betriebsunfall geschehen, vgl. Tabelle VII, Versuch I), so müßte vielmehr ein Ansteigen der Zahl der spezifischen Keime im Verlauf des Waschprozesses eintreten, da die in der Tiefe sitzenden Keime erst nach einer gewissen Zeit an die Oberfläche gelangen könnten, — und dieser unregelmäßige Verlauf des Waschprozesses ist auch richtig in dem eben genannten Versuch zu beobachten. Dieser Versuch lehrt andererseits, daß der Waschprozeß das souveräne Mittel darstellt, um einmal eingetretene Schädigungen des Filters in prompter und sicherer Weise zu beheben.

Wir haben uns aber nicht nur mit diesen indirekten Beweisen für das Intaktbleiben der tieferen Schichten des Filters begnügt, sondern wir haben auch Proben aus verschiedenen Tiefen des Filtersandes auf ihren Gehalt an suspendierten Stoffen und an spezifischen Keimen direkt quantitativ untersucht, und zwar sowohl unmittelbar vor als nach dem Waschprozeß, d. h. an den beiden kritischen Zeitpunkten, an denen, wenn überhaupt, eine Infektion der tieferen Schichten des Filters zu befürchten

wäre. Die Ergebnisse dieser vergleichenden Untersuchung sind in Fig. 7 in Form des sogenannten Piefkeschen Diagramms graphisch dargestellt worden. Die resultierenden Kurven entsprechen genau der von Piefke für jedes brauchbare Sandfilter formulierten Forderung, daß die Retention der suspendierten Stoffe und der Bakterien so gut wie ausschließlich in den oberflächlichsten Schichten des Filters vor sich gehen und daß der Grad der Verunreinigung des Filtersandes mit zunehmender Tiefe sofort rasch abnehmen muß. Die Übereinstimmung mit der Theorie ist bei den Diagrammen des Jewell-Filters sogar eine noch vollkommenere, wie bei einem vergleichsweise eingezeichneten Diagramm des langsamen Sandfilters, das unseren Versuchen über das Permanganatverfahren diente. Die Anforderungen der Theorie sind in diesen Diagrammen bis in die kleinsten Details erfüllt; z. B. erfolgt die Retention der Bakterien in noch vollkommenerer Weise als die der Tonteilchen, was sich durch die geringere Größe der letzteren erklärt. In der Tiefe von 25 bis 30 cm ist der Filtersand fast vollständig rein und zwar ebensowohl vor wie nach dem Waschprozeß, was für die geradezu ideale Leistungsfähigkeit sowohl der Filtration wie des Waschprozesses spricht. Sehr auffallend ist auf den ersten Blick, daß nach Beendigung des Waschprozesses beim Vergleich mit dem ungereinigten Filter die Menge der suspendierten Tonteilchen verhältnismäßig wenig zurückgegangen ist, während die Zahl der Bakterien auf etwa 10 Prozent reduziert ist; die durch den Alaun koagulierten Tonteilchen haften eben dem Sande viel fester an, als die Bakterien. Mit anderen Worten, das Piefkesche Diagramm bestätigt vollauf, was wir schon aus dem günstigen Ausfall der bakteriologischen Untersuchungen des Filters in der ersten Stunde der Arbeitsperiode wissen: unmittelbar nach beendigtem Waschprozeß existiert bereits eine wirksame Filterdecke, deren Leistungsfähigkeit schon nach einer halben Stunde so weit regeneriert ist, daß das Filtrat unbedenklich als Trinkwasser verwendet werden kann.

3. Aus den soeben im Detail geschilderten Resultaten des Versuchsfilters kommen wir zu folgenden Schlußfolgerungen über die Brauchbarkeit des amerikanischen Schnellfilters im Vergleich zum alten System der langsamen Sandfiltration:

Die Retention spezifischer Keime des dem Filter zugeführten Wassers erfolgt bei vollständiger Ausbildung der Filterdecke, d. h. etwa 1 bis 2 Stunden nach dem Beginn der Arbeitsperiode im Verhältnis von **1:15000**. Rechnet man dazu, daß außerdem schon durch die Ausfällung im Klärbassin eine Verminderung der Bakterienzahl des Rohwassers im Verhältnis von mindestens **1:4** stattgefunden hat, so ergibt sich für die durch den gesamten Prozeß bewirkte Totalreduktion der

Bakterien des Rohwassers das Verhältnis von **1:60000.** — Diese volle Leistungsfähigkeit des Filters wird wie gesagt nach etwa $1^1/_2$ Stunden erreicht und dauert dann unverändert bis ans Ende der Arbeitsperiode an; Werte des Filterdrucks bis zu 3 m Wassersäule schädigen diese hohe Leistung keineswegs. Desgleichen ist eine Erhöhung der Filtergeschwindigkeit von 4000 auf 5000 mm pro Stunde ohne schädigende Einwirkung. Schon nach einer halben Stunde, vom Anlassen des Filters an gerechnet, erweist die Leistungsfähigkeit desselben denselben Wert, den Piefke als die normale Leistung der langsamen Sandfiltration feststellt, 1:3000; kombiniert mit der durch das Dekantationsverfahren erzielten Reduktion der Bakterien des Rohwassers ergibt sich demnach eine Retention von 1:12000, welche das Filtrat ohne weiteres zum Gebrauch tauglich erscheinen läßt.

Die Retention der Bakterien und der suspendierten Stoffe findet fast ausschließlich in den oberflächlichsten Schichten des Filters statt; schon in einer Tiefe von 25 bis 30 cm bleibt das Filter dauernd rein.

Der Waschprozeß erfolgt in ideal einfacher Weise durch rein maschinelle Mittel, ohne daß der Filtersand irgendwie mit Menschen in Berührung kommt; die erforderlichen Handgriffe (Umstellen einiger Schieber, Einstellen des Rührwerkes) können durch einen einzigen Arbeiter besorgt werden, und die ganze Prozedur nimmt nicht mehr als 10 bis höchstens 15 Minuten in Anspruch, wovon 5 bis höchstens 10 Minuten auf die eigentliche Filterwaschung entfallen. Die Waschung des Filters ist gleichzeitig ein sicher wirkendes Mittel, um etwaige Störungen des Filters (Verschmutzung der tieferen Schichten des Sandes infolge zufälliger Verletzung der Filterdecke, oder infolge zeitweiliger Zuführung ungeklärten Wassers usw.) prompt wieder auszugleichen und das Filter sofort in seiner früheren Leistungsfähigkeit wiederherzustellen.

Die Reguliervorrichtung funktioniert tadellos und der Filterdruck steigt ganz kontinuierlich an, indem automatisch gerade immer nur diejenige Druckhöhe eingestellt wird, die zur Erhaltung der einmal gewählten Filtrationsgeschwindigkeit erforderlich ist.

Nach unseren Resultaten stehen wir nicht an, das amerikanische Schnellfiltersystem dem europäischen System der langsamen Sandfiltration als unbedingt überlegen zu bezeichnen, und zwar insbesondere wegen der außerordentlich hohen bakteriologischen Leistungsfähigkeit, wegen der raschen und zuverlässigen Regeneration des Filters am Anfang der Arbeitsperiode und vor allem wegen seines einfachen prompten und



rein automatisch wirkenden Reinigungsprozesses, der jede Möglichkeit der Infektion des Filters durch das Personal sicher zu vermeiden gestattet. Dieser letzte Punkt ist von der allergrößten Bedeutung; man stelle sich nur einmal die Gefahren vor, die bei der durch zahlreiche Arbeiter vorzunehmenden Reinigung der alten Sandfilter in Cholera- oder Typhuszeiten dem Filter drohen, wenn die Leute stundenlang in den Bassins mit dem Filtersand in Berührung sind und denselben möglicherweise durch ihre Abgänge (typhusbazillenhaltigen Urin!) infizieren!

C. Die Leistungen der für die Trinkwasserversorgung Alexandriens geschaffenen Jewell-Filter-Anlage.

Nach dem überaus günstigen Ausfall unserer Versuche zögerten wir nicht, das amerikanische System — an Stelle des Permanganatverfahrens — für die Trinkwasserversorgung Alexandriens in Vorschlag zu bringen und die städtische Verwaltung entschloß sich zur Anlage eines für 36000 cbm durchschnittlicher Tageslieferung berechneten Filterwerkes. Die Anlage wurde innerhalb einer Bauzeit von nur 2 Jahren fertig gestellt und seitdem bereits um 2 Filter vergrößert. Dieselbe umfaßt jetzt 3 Klärbassins des oben (S. 401 und Fig. 8) beschriebenen Typs zu je 4000 cbm Inhalt (für eine Sedimentationsdauer von 6 bis 8 Stunden berechnet) und 20 Filter von je 17 Fuß Durchmesser (vgl. Fig. 9), die bei der normalen Filtrationsgeschwindigkeit von 100 m pro 24 Stunden (d. h. ca. 4000 mm pro Stunde) etwa 40000 cbm Reinwasser pro Tag zu liefern vermögen.

Die Anlage funktioniert nunmehr seit $2^1/_2$ Jahren zur vollsten Zufriedenheit und befindet sich dauernd unter unserer Kontrolle. Im ersten Halbjahr wurden, wie beim alten System der langsamen Sandfiltration üblich, die bakteriologischen Untersuchungen jeden Tag vorgenommen und zwar wurde das Filtrat jedes einzelnen Filters gesondert untersucht. Da die Resultate ganz außerordentlich gleichmäßig und zufriedenstelleud ausfielen, wurde von Anfang des Jahres 1906 ab von der täglichen bakteriologischen Untersuchung aller Filter Abstand genommen und seitdem die Kontrolle in folgender Weise ausgeübt:

1. Tägliche Untersuchung des Klarheitsgrades des Rohwassers des dekantierten Wassers, des Filtrats jedes einzelnen Filters und des Mischwassers aller Filter (städtisches Leitungsnetz). Die Resultate werden ausgedrückt als Höhe einer Wassersäule (in Metern), durch welche ein etwa 0·5 mm dicker Platindraht bei vollem Tageslicht noch eben sichtbar ist.

2. Tägliche bakteriologische Untersuchung des Wassers aus dem städtischen Leitungsnetz.



3. **Zweimal wöchentlich bakteriologische Untersuchung** des von jedem einzelnen Filter gelieferten Filtrats, und zwar etwa 8 Stunden nach dem Beginn der in der Regel 24 Stunden, selten nur 12 Stunden betragenden Arbeitsperiode, also bei völlig ausgebildeter Filterdecke. Außerdem wird an diesen zwei Tagen der Woche regelmäßig je ein Filter in Gegenwart eines hygienischen Sachverständigen gewaschen und Proben aus allen Phasen des Waschprozesses bakteriologisch untersucht.

Jewell-Filter (17 Fuß Durchmesser) für städtische Trinkwasserversorgung.

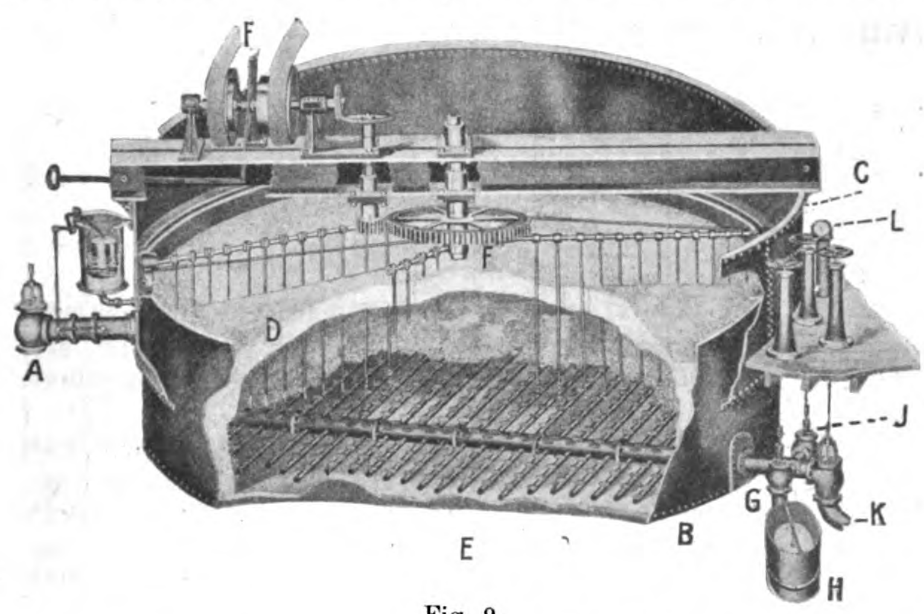


Fig. 9.

A = Rohwasserzufluß.	F = Rührwerk mit Riemenantrieb
B = Innere } Filterwand	G = Reinwasserabfluß
C = Äußere } Filterwand	H = Weston-Controler
D = Filtersand	J = „Rewash“-Abfluß
E = Siebplatte am Boden des Filters mit Sammel- (bzw. Verteilungs-) kanälen für Reinwasser bzw. Waschwasser	K = Waschwasser-Einlauf
	L = Zifferblatt für Angabe des Filterdruckes.

Sobald auch nur die geringfügigste Störung des Betriebes erkennbar wird, werden die bakteriologischen Untersuchungen aller Filter täglich ausgeführt.

In der Filteranlage selbst ist ein bakteriologisches Laboratorium vorgesehen, in welchem die Untersuchungen angestellt werden (meist durch Herrn Dr. Delta, Bakteriologen am städtischen hygienischen Institut).

Bevor wir uns zur Erörterung der in Tab. VIII bis X niedergelegten Resultate wenden, möchten wir einige empirische Prinzipien anführen,

Jewell-Filterwerk. Alexandrien.

Tabelle

Rasch vorübergehende leichte Betriebsstörung

Bakteriengehalt (obere Ziffern) und

[Bakteriengehalt pro 1 ccm;

Datum 1906	Alaun pro Kubikmeter in grm	Filter-Nummer I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
16. VIII.	14·8	11 —	12 —	13 —	13 —	11 —	14 —	10 —	13 —	12 —	14 —	15 —	11 —	14 —
17. „	14·7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18. „	14·8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19. „	15·9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20. „	15·8	0·42	0·37	0·38	0·50	0·39	0·43	0·40	0·39	0·46	0·40	0·36	0·35	0·41
21. „	21·1	17 0·41	18 0·42	19 0·40	19 0·50	15 0·42	16 0·44	12 0·41	14 0·40	18 0·38	12 0·43	21 0·42	16 0·44	20 0·38
22. „	20·0	0·42	0·45	0·39	0·45	0·42	0·44	0·41	0·37	0·40	0·46	0·48	0·50	0·42
23. „	24·1	15 0·36	19 0·45	42 0·45	30 0·45	48 0·37	27 0·43	21 0·39	20 0·40	26 0·45	29 0·37	83 0·43	80 0·36	37 0·45
24. „	24·3	16 0·44	14 0·65	41 0·59	28 0·58	31 0·45	32 0·49	23 0·58	17 0·56	12 0·40	18 0·50	15 0·55	24 0·73	36 0·77
25. „	27·6	12 1·80	16 1·90	17 1·93	14 1·90	15 1·98	13 1·90	20 1·93	16 1·80	10 1·97	20 2·00	17 2·00	28 1·97	12 1·95
26. „	27·6	15 —	11 —	10 —	20 —	12 —	9 —	7 —	9 —	12 —	12 —	11 —	12 —	11 —
27. „	26·7	30 —	23 —	31 —	20 —	34 —	19 —	24 —	13 —	19 —	10 —	25 —	21 —	28 —
28. „	27·2	28 1·76	35 1·70	13 1·70	25 1·69	17 1·73	27 1·70	18 1·70	21 1·66	26 1·78	19 1·73	20 1·69	29 1·70	12 1·68
29. „	27·5	18 —	34 —	18 —	30 —	20 —	25 —	27 —	30 —	31 —	28 —	19 —	20 —	21 —
30. „	27·6	12 —	8 —	11 —	14 —	6 —	10 —	15 —	14 —	34 —	26 —	12 —	16 —	11 —
31. „	27·6	16 —	8 —	16 —	10 —	11 —	9 —	10 —	12 —	14 —	10 —	11 —	13 —	8 —



IX.

infolge zeitweise ungenügenden Alaunzusatzes.

Transparenz (untere Ziffern) des Wassers.

Transparenz in Metern.]

XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	Rohwasser	Dekantiertes Wasser	Mischwasser sämtlicher Filter aus der städt. Leitung	Bemerkungen
16	11	12	10	11	1120	164		Filtergeschwindigkeit 98 m pro 24 h.
—	—	—	—	—	0·12	0·31		
—	—	—	—	—	0·11	0·30		
—	—	—	—	—	0·06	0·28		
—	—	—	—	—	0·06	0·28		
							26	Alaundosis ungenügend!
0·45	0·41	0·39	0·42	0·38	0·02	0·10		
17	18	12	14	16	610	110	28	„ erhöht, aber immer noch ungenügend.
0·40	0·39	0·39	0·40	0·40	0·01	0·16		
							26	
0·42	0·41	0·39	0·42	0·40	0·01	0·11		
18	28	16	38	25	440	88	35	„ „ „ „ „ „
0·39	0·34	0·39	0·34	0·50	0·01	0·06		An diesen beiden Tagen sind die bakteriologischen Resultate nicht durchweg zufriedenstellend.
40	35	34	18	18	542	102	33	
0·57	0·53	0·66	0·62	0·52	0·015	0·07		
26	15	16	10	12	680	92	23	Alaundosis erhöht, ausreichend; das Filter arbeitet auch bakteriologisch wieder völlig zufriedenstellend, wie sich insbesondere aus den unverändert niedrigen Bakterienzahlen am 28. und 29. VIII. — trotz hohen Keimgehalts des Rohwassers — ergibt.
1·97	1·90	1·89	2·00	1·93	0·015	0·11		
13	16	7	9	14	560	84	21	
—	—	—	—	—	0·015	0·18		
32	31	28	10	24	624	198	31	
—	—	—	—	—	0·01	0·15		
19	19	18	15	16	5376	276	26	
1·77	1·73	1·76	1·68	1·73	0·01	0·12		
22	26	30	31	31	14080	406	21	
—	—	—	—	—	0·025	0·20		
40	11	15	10	8	1120	102	20	
—	—	—	—	—	0·02	0·25		
8	6	10	15	10	1280	108	21	
—	—	—	—	—	0·015	0·20		

Jewell-Filterwerk Alexandrien.

Tabell[illegible]

Bakteriologische Kontrolle de[illegible]

(Wechsel der Hähne zwischen „Rewash“ und „Delivery

Filter-Nr. und Datum	I 11. Jan.	II 15. Jan.	III 22. Jan.	IV 25. Jan.	V 29. Jan.	VI 1. Febr.	VII 5. Febr.
Filtriertes Wasser unmittelbar vor der Waschung am Ende einer 24stündigen Arbeitsperiode des Filters	26	12	12	14	20	23	[illegible]
Waschwasser nach 1′	25600	14080	17920	7680	10240	25600	[illegible]
„ „ 3′	3200	7680	5120	3840	6400	10240	[illegible]
„ „ 5′	600	1024	1280	1280	1280	2304	[illegible]
„ „ 7′	410	1152	680	768	1280	1024	[illegible]
„Rewash“ nach 5′	160	130	101	48	72	93	[illegible]
„ „ 10′	130	112	81	30	60	72	[illegible]
„ „ 15′	56	32	44	31	47	61	[illegible]
Filtrat („Delivery“) nach 20′	51	30	37	20	39	44	[illegible]
„ „ „ 30′	29	17	13	8	24	28	[illegible]
Dekantiertes Wasser	440	264	112	448	640	180	[illegible]
Rohwasser	8192	2092	5793	1792	5600	7680	[illegible]

Beispiele für Störung der Filterdecke bei

(brüsker Wechsel der Geschwindigkeit beim unvorschrift

Filtrat am Ende der vorangegangenen Arbeitsperiode unmittelbar vor dem Beginn des Waschprozesses

Waschwasser nach 1′:

„ „ 15′: (Ende des Waschprozesses

Filtrat („Rewash“) nach 2′:

„ „ „ 7′:

„ „ „ 12′:

„ („Delivery“) „ 17′:

„ „ „ 22′:

„ „ „ 32′:

X.

Filterwaschprozesses 1906.

ohne jede Geschwindigkeitsänderung der Filtration.)

VIII 8. Febr.	IX 12.Febr.	X 15.Febr.	XI 19.Febr.	XII 22.Febr.	XIII 26.Febr.	XIV 1. März	XV 5. März	XVI 8. März	XVII 12.März	XVIII 15.März
11	42	27	25	48	51	17	25	16	15	15
8960	20480	25600	14080	20480	12800	10240	19200	12800	7680	19200
3840	12800	12800	5120	14080	6400	6400	7680	6400	5080	12800
1024	1536	2048	1280	2906	2816	2304	3840	1792	1336	1024
640	1024	1280	502	1436	1280	1152	1280	512	1024	384
33	203	320	99	119	162	86	320	214	71	115
32	101	186	51	99	86	41	80	122	64	80
21	87	99	42	74	44	21	65	79	31	62
17	61	59	41	41	23	13	45	43	19	29
11	29	29	21	28	18	9	13	21	11	15
72	326	530	328	1280	284	97	512	197	88	205
589	4096	4520	2560	5184	2560	2048	1536	2816	823	1048

unvorschriftsmäßigem Anlassen des Filters

mäßigen Wechseln der Hähne zwischen „Rewash" und „Delivery").

Filter Nr. XVII (11. Sept. 05)		Filter Nr. XVIII (11. Sept. 05)
24		14
25400	Rohwasser 1920	16900
441	Dekantiertes Wasser 448	602
116		82
86		52
96		55
98	Hahnwechsel!	90!
163!		108
135		128



Tabelle XI.

Jewell-Filterwerk Alexandrien. Einarbeiten eines neu in Betrieb genommenen Filters (Nr. 20).

Datum	Bakterien per 1 ccm in:				Alaun grm pro Kubikmeter	Bemerkungen
	Rohwasser	Dekantiertes Wasser	Filtriertem Wasser: Mittelzahl der normal funktionierenden 19 Filter	Filtriertem Wasser: Filter Nr. 20 neu eingearbeitet		
28. VII. 07	1792	512	41	896	23·8	Filter Nr. 20 ist seit 24 Stunden mit sehr geringer Geschwindigkeit angelassen; das Filtrat wird selbstverständlich nicht der städtischen Leitung zugeführt, sondern direkt in den Abflußkanal geleitet. Das Filter wird, wie alle übrigen, einmal täglich gewaschen (Dauer des Waschprozesses 10′).
30. „ „	3072	592	28	106	25·1	
1. VIII. 07	4864	592	21	257	24·8	
2. „ „	3840	416	16	41	24·6	
3. „ „	2560	640	30	30	24·0	
4. „ „	1536	360	13	37	26·3	
5. „ „	3584	736	14	15	24·3	
6. „ „	2816	526	13	17	24·1	Vom 6. August ab arbeitet das Filter Nr. 20 wie alle anderen mit 98 m Filtriergeschwindigkeit in 24 h; das Filtrat wird der städtischen Leitung zugeführt.
7. „ „	2304	216	16	20	25·0	
8. „ „	3484	448	17	8	24·4	
9. „ „	2560	328	15	15	24·4	
10. „ „	4608	632	13	12	22·1	

zu denen wir für die Praxis der Filterkontrolle gelangt sind. Die Klarheitsbestimmung des Rohwassers und des dekantierten Wassers dient zur Ermittelung der Menge des zuzusetzenden Alauns, worauf wir weiter unten noch zu sprechen kommen; erfahrungsgemäß haben wir einen Klarheitsgrad von über 0·20 m im dekantierten Wasser als ausreichend befunden, um eine tadellose Filtration zu garantieren, während unterhalb dieses Wertes Störungen des Filterbetriebes durch ungenügende Deckenbildung nicht ausgeschlossen sind und unterhalb 0·10 mit Sicherheit eintreten. Der Klarheitsgrad des Filtrats soll stets über 2 m betragen; dann kann man sicher sein, daß auch der bakteriologische Effekt ein guter ist und sich stets innerhalb der Grenzzahl von 50 Bakterien pro Kubikzentimeter (Zählung in Agarplatten bei 25°) hält, welche Grenze schon 30 Minuten nach Beginn der Arbeitsperiode erreicht sein soll. Sinkt der Klarheitsgrad des Filtrats unter 2 m, so sind Störungen zu befürchten und es ist dann sofort jeden Tag die bakteriologische Untersuchung zu machen. Doch ist dann erfahrungsgemäß immer noch Zeit, durch sofortige Erhöhung der Alaundosis und eventuell einmalige energische Waschung der Filter von verlängerter Dauer (15 Minuten) die beginnende Störung zu korrigieren und die normale Funktion der Filter wiederherzustellen (vgl. Beispiel weiter unten und Tabelle IX). Die Verwendung der Klarheitsmessung für die Zwecke der Filterkontrolle hat zwei sehr bedeutende Vorteile: erstens gestattet sie sofortige Feststellung des Resultats, während die bakteriologische Untersuchung erst nach 24 bis 48 Stunden ein Ergebnis liefert; zweitens ist sie entschieden die empfindlichere Prüfungsmethode, da die Retention der feinsten Tonteilchen, wie auch theoretisch erklärlich, zu einem gegebenen Zeitpunkt bereits unvollständig sein kann, wenn der bakteriologische Reinigungseffekt noch tadellos ist (vgl. in Tabelle IX am 21. August 1906). Selbstverständlich stellen wir diese Überlegenheit der Klarheitsprüfung über die bakteriologische Analyse für Zwecke der Filterkontrolle nicht etwa als allgemeingültige Regel auf; sie gilt zunächst nur für die hiesigen Verhältnisse und wahrscheinlich für alle Rohwässer, welche Tonteilchen in so feiner Suspension enthalten, daß dieselben schwieriger filtrierbar sind als Bakterien, während selbstverständlich für Wässer, deren Trübung durch gröbere Bestandteile bedingt ist und in denen die Bakterien die kleinsten korpuskulären Elemente darstellen, die bakteriologische Analyse der Klarheitsprüfung überlegen sein muß, wie dies ja in Europa bei Sandfiltern öfters festgestellt wurde.

Bei der Kontrolle des Waschprozesses verlangen wir, daß der Bakteriengehalt des Waschwassers von der ersten Minute an rapid abnehme und am Schluß nicht wesentlich über 1000 Keime pro Kubikzentimeter



beträgt; in Tabelle X ist der Waschprozeß nur beim Filter Nr. 7 ungenügend und muß wiederholt werden. Wie notwendig es ist, die Umstellung der Schieber von dem Augenblicke an, da das Filtrat zum Konsum zugelassen wird, ganz allmählich und ohne jede plötzliche Schwankung von Filterdruck und -geschwindigkeit zu bewirken, dafür sprechen die beim (absichtlichen) Außerachtlassen dieser Vorsichtsmaßregel sogleich nachweisbaren Störungen (vgl. Tabelle X unten, Filter Nr. 17 und 18 am 11. September 1905).

Was nun die mit Hilfe dieser Kontrolle erzielten bakteriologischen Resultate der Filtration im Jahre 1906 anlangt (Tabelle VIII), so dürfen dieselben als durchaus zufriedenstellend bezeichnet werden. Die monatlichen Mittelzahlen für den Bakteriengehalt des Filters (NB! immer jedes einzelnen Filters!) variieren zwischen 9 und 27 pro Kubikzentimeter, während die Mittelwerte für das Rohwasser zwischen 717 und ca. 4700 liegen.

Noch befriedigendere Ergebnisse liefert die Betrachtung der Maximalwerte; während der Keimgehalt des Rohwassers gelegentlich über 19000 stieg, war die höchste Keimzahl eines einzelnen Filters während des ganzen Jahres bei genügender Alaundosis nur 61 pro Kubikzentimeter; bei zeitweise ungenügender Alaundosis stieg das Maximum eines einzelnen Filtrats zweimal auf 81 bzw. 83 pro Kubikzentimeter. Die Betrachtung dieser kleinen Betriebsstörung — der einzigen während des ganzen Jahres — hat ein besonderes Interesse, weil sich zeigen läßt, wie eine solche beginnende Störung rechtzeitig erkannt und unschädlich gemacht werden kann. Tabelle IX gibt alle Einzelheiten dafür an; während am 16. August 1906 die bakteriologische Untersuchung sehr gute Resultate ergeben hatte (10 bis 15 Keime im Filtrat gegen 1120 im Rohwasser) und während bis zum 19. August inkl. ebenfalls der Klarheitsgrad, sowohl des dekantierten Wassers wie des Filtrats, trotz der geringen Alaundosis (von ca. 15 bis 16^g pro Kubikmeter), dank der günstigen Beschaffenheit des Rohwassers durchaus befriedigend war, — wurde am 20. August infolge plötzlicher, starker Verschlechterung des Rohwassers der Kläreffekt ungenügend, doch blieb die bakteriologische Leistung der Filter noch tags darauf durchaus normal. Die Alaundosis wurde darauf auf 20 bis 21^g gesteigert, doch erwies sich auch diese Dosis als noch nicht ganz genügend, weshalb am 23. und 24. August die bakteriologischen Resultate etwas weniger günstig ausfielen (jedoch nur in zwei Proben über 80 Keime, sonst stets unter 40 pro Kubikzentimeter); erst die Steigerung der Alaundosis auf 27^g brachte definitive Rückkehr zu den normalen Verhältnissen, so daß eine wenige Tage darauf eintretende enorme Zunahme der Keimzahl im Rohwasser an den Filtern spurlos vorüberging. Jedenfalls war die



ganze Störung so unbedeutend, daß dieselbe im Wasser des städtischen Leitungsnetzes überhaupt kaum bemerkbar wurde. Endlich muß gesagt werden, daß der ganze Zwischenfall sich hätte vermeiden lassen, wenn von Anfang an die Alaundosis in dieser Jahreszeit, wo plötzliche Trübung des Rohwassers zu befürchten war, nicht so niedrig gehalten worden wäre, — was uns für die Zukunft eine Lehre sein wird.

Wenn man bedenkt, daß diese geringe Störung der bakteriologischen Leistungen die einzige des ganzen Jahres blieb, und wenn man andererseits erwägt, daß wir die Alaundosis so wechselnden Verhältnissen anpassen mußten wie einer Schwankung des Klarheitsgrades des Rohwassers von 0·01 bis 0·12 m und einer Schwankung der täglichen Liefermenge filtrierten Wassers von 20412 auf 35375 cbm, so wird man zugeben müssen, daß die Filteranlage zur vollsten Zufriedenheit gearbeitet hat.

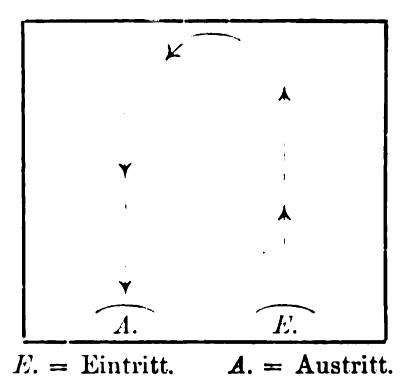
Durch diese praktischen Erfahrungen im großen werden auch am besten die Bedenken widerlegt, welche Hilgermann betreffs der Alaundosierung erhebt. Hilgermann befürchtet (S. 28ff.), daß einerseits bei hohem Gehalt des Rohwassers an Schwebestoffen der Alaun schon vollständig im Klärbassin verbraucht werden könne, und daß dadurch dann im Filter keine genügende Deckenbildung zustande komme, und andererseits, daß bei einer ungenügenden Menge von Erdalkalikarbonaten im Rohwasser ein Teil des Alauns unzersetzt bleiben und als solcher ins Reinwasser übergehen könne. Nach diesen Darlegungen könnte jemand, der noch nie mit der Alaunfällung gearbeitet hat, auf den Gedanken kommen, daß jedesmal eine ganz bestimmte Dosis von Alaun erforderlich sei — nicht mehr noch minder — und daß diese Dosis jedesmal mühsam herausprobiert werden müsse, wobei in der Zwischenzeit Störungen des Filterbetriebes zu befürchten wären. So liegt nun aber die Sache keineswegs; es kommt durchaus nicht darauf an, daß eine ganz bestimmte Dosierung ängstlich eingehalten werde, sondern es lassen sich bei einem und demselben Rohwasser innerhalb einer ziemlich erheblichen Variationsbreite der Alaundosis gute Resultate erzielen — vorausgesetzt nur, daß ein bestimmtes Minimum nicht unterschritten wird. — Zugegeben sei, daß die Schwierigkeiten, denen Hilgermann begegnete, zum Teil durch die Verhältnisse des dortigen Rohwassers, zum Teil wenigstens durch die wenig zweckmäßige Form seines Klärbassins bedingt gewesen sein mögen (vgl. oben S. 401); in unserem Dekantationsbassin haben wir z. B. nie nötig, das Koagulans an verschiedenen Stellen zuzusetzen und den für die jedesmaligen Verhältnisse zweckmäßigsten Ort an dem der Zusatz erfolgen soll auszuprobieren; der Alaun wird vielmehr nur am Eintritt ins Klärbassin zugesetzt und stets mit bestem Erfolge.

Es soll hier noch einmal darauf hingewiesen werden, daß der Schlüssel



zu zufriedenstellenden Leistungen der Schnellfilter in erster Linie in der richtigen Leitung der Fällung und Sedimentation des Rohwassers liegt.

Bei dieser Vorbehandlung des Rohwassers kommt es darauf an: 1. den für das betreffende Rohwasser notwendigen Zusatz des Fällungsmittels und 2. die Sedimentationsdauer zu ermitteln, die das Wasser nach dem Zusatz braucht, um gerade in den für die Filtration günstigen Zustand versetzt zu werden. Bis zu einem gewissen Grade kann ein zu wenig auf der einen Seite durch ein mehr auf der anderen Seite kompensiert werden, aber, wenn man sicher und vorteilhaft arbeiten will, doch nur innerhalb relativ enger Grenzen. Es muß also bei Versuchsanlagen auf die möglichst genaue Ermittelung der für das betreffende Rohwasser zweckmäßigsten Funktion aus Alaunzusatz und Sedimentationszeit das Hauptgewicht gelegt werden. Das ist aber nur möglich, wenn man mit Kläranlagen arbeitet, die das Wasser nach dem Alaunzusatz in genau gleichmäßiger Weise und mit für die ganze Wassermasse annähernd



E. = Eintritt. A. = Austritt.

gleicher Geschwindigkeit durchläuft. Die der amerikanischen Versuchsanlage bisher beigegebenen Klärbottiche sind dazu aus den schon erwähnten Gründen ganz ungeeignet. Auch die Form der Klärbassins, wie sie die Jewell-Filter-Company für größere Anlagen baut, ist theoretisch und praktisch fehlerhaft. Es läßt sich in diesen Bassins, die das Wasser in der in der nebenstehenden Skizze angedeuteten Weise durchlaufen soll, niemals eine gleichmäßige Durchflußgeschwindigkeit erzielen. In den zentralen Partien strömt das Wasser oft über doppelt so schnell, wie in den der Wand näher liegenden, wie direkte Versuche an derartigen ausgeführten Anlagen (z. B. in Mansourah) uns ergeben haben.

Das Herumexperimentieren mit Alaunzusatz an verschiedenen Stellen der Bassins hat gar keinen Zweck. Bei jedem nur genügend Karbonathärte zeigenden Rohwasser läßt sich bei nur einmaligem Zusatz einer genügenden Alaundosis und bei richtiger Bemessung der Sedimentationszeit ein zur Filtration geeignetes Produkt erzielen.



Auf diese Punkte muß man Rücksicht nehmen und sich ihre ausschlaggebende Wichtigkeit klar machen, bevor man an Versuche über Schnellfiltration herantritt. Aus ihrer mangelhaften Berücksichtigung erklären sich die zum Teil gegenüber den unsrigen erheblich ungünstigeren Resultate, die bei Schnellfilteranlagen — sowohl bei Versuchsanlagen, wie auch besonders bei ausgeführten Anlagen (in Amerika) oft erhalten sind.

Genauer soll auf diesen Punkt in einer späteren Arbeit eingegangen werden. Nur eins soll noch erwähnt werden.

Ein großes Hindernis für die Erzielung einer zur Filtration geeigneten Beschaffenheit des Rohwassers sind oft die in den Sedimentierbassins sich bildenden Algen. Nach unseren Alexandriner Erfahrungen läßt sich diese Plage sehr wirksam durch Zusatz von minimalen Dosen Kupfersulfat zu dem in die Klärbassins eintretenden Wasser bekämpfen (1 : 300000 bis 1 : 1000000). Daß ein derartiger Kupferzusatz ohne hygienische Bedenken ist, kann durch die in Amerika und anderswo gemachten Erfahrungen als ausgemacht gelten.

Es gelangt von diesem Kupfer nichts ins filtrierte Wasser, da es vorher in den Sedimentationsbassins in unlöslicher Form ausgefällt wird (vgl. auch die Untersuchungen von Lehmann über das natürliche Vorkommen von Kupfer in Nahrungsmitteln z. B. Getreide und über die hygienische Bedeutungslosigkeit geringer Kupfermengen in Nahrungsmitteln).

Es scheint überhaupt an der Zeit zu sein, mit dem eingewurzelten Grundsatze, daß man dem Trinkwasser keine fremden Stoffe zusetzen dürfe, definitiv zu brechen. Solange diese Stoffe, wie Aluminiumsulfat, Kaliumpermanganat, Kupfersulfat, den geschmacklichen Charakter des Wassers nicht ändern und auch nichts darin zurücklassen, das gesundheitsschädlich wirken könnte, sollte man ihre Anwendung unbedenklich zulassen.

Schluß.

Zum Schluß noch einige Worte über die Bedeutung der am Permanganatverfahren und am Jewell-Filter gewonnenen Ergebnisse für die allgemeine Theorie der Sandfiltration. Wenn auf den ersten Blick hin der forcierte Betrieb des amerikanischen Schnellfilters in schärfstem Gegensatz zu stehen scheint mit den Grundsätzen, welche zuerst von Piefke für jede rationelle Filtration aufgestellt und seitdem überall praktisch erprobt worden sind, so hat eine eingehende Betrachtung uns



gezeigt, daß es im Grunde nur quantitative Differenzen sind, welche beide Systeme unterscheiden, und daß durch Anwendung chemischer Fällungsmittel bei dem alten Sandfilter Verfahren geschaffen werden können (wie gerade der Permanganatprozeß), die in der Mitte stehen zwischen der alten langsamen Sandfiltration und dem amerikanischen Schnellfilter. Die fundamentalen Anforderungen der Ausbildung einer filtrierenden Decke und der Einhaltung einer kontinuierlichen Filtergeschwindigkeit haben sich hier wie dort bewährt; das Verhältnis der Retention der Bakterien des Rohwassers zu den verschiedenen Schichten des Filters, wie es im Piefkeschen Diagramm zum Ausdruck gelangt, ist hier wie dort dasselbe; dasselbe gilt von der Bedeutung und Herkunft der im Filtrat auftretenden gewöhnlichen Wasserbakterien und andererseits von ihrer Verwertbarkeit als Indikator für den Filterbetrieb; ja sogar dieselbe Grenzzahl der Bakterien im Filtrat kann für die praktische Kontrolle beider Systeme gelten. Verschieden ist nur das quantitative Retentionsvermögen der Filterdecken je nach den Bedingungen ihrer Entstehung und ihres Aufbaues, und demgemäß das dieser ververschiedenen Resistenz entsprechende Maximum der zulässigen Leistung.

Beiträge zur Ätiologie der epidemischen Genickstarre nach den Ergebnissen der letzten Jahre.

Von

Prof. **W. v. Lingelsheim,**
Direktor des königl. hygien. Instituts in Beuthen O/S.

Als vor einigen Jahren die Genickstarre mit einer bei uns bis jetzt nicht gekannten Heftigkeit das östliche Deutschland, insbesondere die Provinz Schlesien, heimsuchte, zeigte sich, daß unsere Vorstellungen über die Krankheit, was die Ätiologie, die Infektionswege und die zu ergreifenden prophylaktischen Maßnahmen betrafen, noch wenig klare und gesicherte waren. An vielen Stellen fehlte vor allem das rechte Vertrauen, daß wir ätiologisch auf dem rechten Wege waren und daß die Kokken, deren Entdeckung durch **Weichselbaum** schon fast zwei Jahrzehnte zurücklag, auch wirklich die Erreger der Krankheit darstellten. An diesem Sachverhalte änderte auch nichts die Tatsache, daß der Entdecker von vornherein eine vorzügliche Beschreibung der in Betracht kommenden Lebewesen geliefert hatte, und daß seine Beobachtungen von einer Reihe anderer Forscher, denen zum Teil ein großes Material zur Verfügung gestanden hatte, bestätigt worden waren. Ein Erklärung dafür, daß sich diese Forschungen in Deutschland nur langsam Terrain zu erobern vermochten, können wir in dem relativ seltenen Auftreten der Krankheit finden, weiter in gewissen technischen Schwierigkeiten bei dem bakteriologischen Nachweise, vor allem aber in dem Umstande, daß von dem mutmaßlichen Erreger trotz der guten, zutreffenden Beschreibungen



Weichselbaums und seiner Mitarbeiter nachher von manchen Nachuntersuchern ganz verschiedene Schilderungen geliefert waren, deren Kontrolle und Richtigstellung infolge der relativen Seltenheit der Krankheit nicht so leicht durchgeführt werden konnte. Ein in seinen Eigenschaften so labil und proteusartig erscheinendes Gebilde mußte natürlich Mißtrauen erwecken und die Annahme nahe legen, daß jeder Autor eben seinen eigenen, privaten Meningococcus besaß. Aber auch ohne diese besonderen Umstände, die zum Teil in Zufälligkeiten begründet waren, würde sich der Meningococcus, wie der von Weichselbaum gefundene Coccus kurz bezeichnet sein soll, heute, wo wir in der Bakteriologie skeptischer geworden sind, nicht so leicht allgemeine Anerkennung verschafft haben. Der häufig gelungene Nachweis eines Bakteriums bei einer Krankheit ist noch nicht allein entscheidend für seine ätiologische Bedeutung, selbst dann nicht, wenn eine Reihe von Untersuchungen einen Parallelismus zwischen den pathologischen Veränderungen und der Anwesenheit des Bacteriums darzutun scheinen. Fehlt das bündige Beweismittel, besteht nicht die Möglichkeit, vermittels Impfung eine Übertragung der Krankheit zu erzielen, so müssen alle anderen in Betracht kommenden Momente um so sorgfältiger in ihrem Für und Wider abgewogen werden und erst aus der Erwägung aller an einem großen Materiale gewonnenen Fakta kann sich eine zuverläßliche Entscheidung ergeben.

Ein nicht übertroffen großes Beobachtungsmaterial ergab nun die große Epidemie, die im Herbste 1904 im preußischen Oberschlesien beginnend, bald in die benachbarten Gebiete Preußens und Österreichs überging und weiterhin auch größere Herde im Westen Deutschlands hervorrief. Die hier gemachten Erfahrungen sind nicht nur ihrer Zahl nach bemerkenswert, sondern sie gewinnen auch dadurch an Interesse, daß verschiedene voneinander unabhängige Institute sich an den Untersuchungen beteiligen und so sich gegenseitig kontrollieren konnten. Als erstes wichtiges und unzweifelhaftes Resultat dieser Forschungen ergab sich die volle Bestätigung der Weichselbaumschen Angaben über die Eigenschaften des Meningococcus. Über seine morphologischen und kulturellen Kriterien bestehen wohl jetzt keine Unklarheiten mehr, — Unklarheiten, die noch vor wenigen Jahren einen bekannten Fachbakteriologen veranlaßten, ein gar nicht hierher gehöriges Bakterium, das sich mal bei Konjunktivitis fand, für einen Meningococcus auszugeben. Zurzeit herrscht wohl Einhelligkeit darüber, daß es nur Meningokokken von den Eigenschaften gibt, die Weichselbaum und seine Schüler angegeben haben, und daß Beschreibungen, die hiervon wesentlich abweichen, sich nicht auf Modifikationen eines veränderlichen Meningococcus, sondern auf ganz andere Bakterien beziehen. Der Meningococcus tritt als Diplo-

coccus auf, niemals in Ketten, verhält sich der Gramschen Färbung gegenüber ausnahmslos negativ, vermehrt sich nur bei Temperaturen von ca. 25° an, und ist in Kultur äußerst empfindlich gegen alle schädigenden Einwirkungen chemischer und physikalischer Natur, insbesondere auch gegen Eintrocknung; bei Impfung auf unsere kleineren Laboratoriumstiere treten zwar toxische Wirkungen auf, es kommt aber nur ausnahmsweise zu einer eigentlichen Infektion. Diesen Kriterien haben die neueren Untersuchungen noch andere wichtige hinzugefügt und damit den Meningokokken auch unter den sogenannten „ähnlichen" eine wohl definierte und abgegrenzte Stellung gegeben.

Die zweite wichtige Frage, welche den Bakteriologen zur Entscheidung oblag, drehte sich um die Konstanz des Vorkommens und soweit diese nicht in allen Erkrankungsfällen erwiesen wurde, um eine plausibele Erklärung für die Fehlresultate. In historischer Beziehung sei kurz vorausgeschickt, daß sich die ersten Mitteilungen Weichselbaums seiner eigenen Angabe nach auf sporadische Fälle bezogen und erst die Arbeiten seiner Schüler Albrecht und Ghon auch positive Befunde bei epidemischen Erkrankungsfällen enthielten. Dagegen berichten Councilman, Mallory und Wright[1] schon aus dem Jahre 1898, daß es ihnen gelegentlich einer größeren Epidemie in Boston gelungen sei, den Weichselbaumschen Coccus 31 mal unter 35 Sektionsfällen kulturell oder mikroskopisch oder nach beiden Methoden und bei 55 Punktionsflüssigkeiten 38 mal kulturell nachzuweisen. Faber[2] in Kopenhagen fand den Coccus unter 31 Punktionsflüssigkeiten 27 mal. Es geht aber aus seinen Angaben nicht recht hervor, wievielmal die in erster Linie maßgebliche Kultur gelungen ist. Untersuchungen an einem großen Materiale brachte das Jahr 1904 in den Mitteilungen Bettencourts und Franças[3], die gelegentlich der großen Epidemie in Portugal in den Jahren 1902/03 von 204 Fällen Sektions- und Punktionsmaterial mit positivem Erfolge untersuchten, ein glänzendes Resultat, das nur unter besonders günstigen Bedingungen möglich war. An diese Arbeiten reihen sich dann die Beobachtungen bei der großen deutsch-österreichischen Epidemie, deren Resultate aus den schon angegebenen Gründen hier in erster Linie betrachtet werden sollen. Soweit die Ergebnisse vom Sektionsmaterial und von den Punktionsflüssigkeiten in Betracht kommen, seien die Resultate, chronologisch und nach den Untersuchungsstellen geordnet, im folgenden kurz zusammengestellt.

[1] *A report of the State Board of Health of Massachusetts.* Boston 1898.
[2] *Diese Zeitschrift.* Bd. XXXIV.
[3] *Ebenda.* Bd. XLVI.



Preußen.

		Meningokokken wurden nachgewiesen: durch Kultur		nur mikroskopisch
I. Hygienisches Institut zu Beuthen i. O./Schl.[1]				
31	Sektionsfälle, bei denen die Entnahme bald nach dem Tode und von Seiten des Instituts erfolgte	31 =	100·0 Proz.	—
22	Einsendungen von Sektionsmaterial aus dem Kreise Beuthen	18 =	81·8 „	1
41	Einsendungen von Sektionsmaterial aus dem Kreise Kattowitz	27 =	63·0 „	3
89	Einsendungen von Sektionsmaterial aus der weiteren Umgebung	25 =	28·0 „	1
113	Einsendungen von Punktionsflüssigkeiten aus dem Kreise Beuthen	76 =	67·2 „	6
113	Einsendungen von Punktionsflüssigkeiten aus dem Kreise Kattowitz	66 =	58·4 „	9
82	Einsendungen von Punktionsflüssigkeiten aus der weiteren Umgebung	41 =	59·4 „	—
II. Hygienisches Institut Breslau.[2]				
42	Einsendungen von Sektionsmaterial aus weiterer Umgebung		?	19
144	Einsendungen von Punktionsflüssigkeiten aus weiterer Umgebung	40 =	27·7 „	4
III. Hygienisches Institut Posen.[3]				
55	Einsendungen von Punktionsflüssigkeiten aus der Stadt Posen	29 =	52·7 „	10
13	Einsendungen von Punktionsflüssigkeiten aus der weiteren Umgebung	1 =	7·6 „	1
IV. Untersuchungsstelle in Düsseldorf.[4]				
9	Einsendungen von Sektionsmaterial		?	3
101	Einsendungen von Punktionsflüssigkeiten	41 =	40·5 „	26

[1] v. Lingelsheim, *Klin. Jahrbuch.* Bd. XV.
[2] Flügge, *Ebenda.* Bd. XV.
[3] Ditthorn u. Gildemeister, *Ebenda.* Bd. XVII.
[4] Wollenweber, *Ebenda.* Bd. XVII.



Österreich.

			Meningokokken wurden nachgewiesen:		
V. Pathologisches Institut Wien.[1]			durch Kultur		nur mikroskopisch
58 Einsendungen meningit. Exsudates (Leichenmaterial)	6 =	10·3	„		39
30 Einsendungen von Punktionsflüssigkeiten .	4 =	13·3	„		14
VI. Bakteriologisches Institut Krakau. Droba und Kučera.[2]					
60 Entnahmen (selbstausgeführte) von Punktionsflüssigkeiten					
4 Entnahmen von Sektionsmaterial	58 =	90·6	„		4

Die vorstehenden Resultate scheinen zunächst sehr ungleichmäßig und dürften rein zahlenmäßig betrachtet höchstens für ein häufiges Vorkommen der Meningokokken bei der epidemischen Genickstarre sprechen, und zwar auch dann, wenn man zugeben will, daß hier und da Material untersucht wurde, das gar nicht von einem Genickstarrekranken stammte. Diese Ungleichmäßigkeit ist um so bemerkenswerter, als hier in den Laboratorien überall mit geeigneten Methoden gearbeitet wurde und die Aufmerksamkeit auf den Nachweis der Meningokokken gerichtet war. Eine nähere Betrachtung der Bedingungen, unter denen die Untersuchungen ausgeführt wurden, zeigt aber, daß in einigen Punkten doch große Verschiedenheiten bestanden und zwar in der Weise, daß einige der Autoren sich ihr Material vom Kranken oder von der Leiche selbst entnahmen und unmittelbar darauf verarbeiteten, während die anderen nur mit Einsendungen von Material zu tun hatten, das bakteriologisch nicht immer einwandfrei entnommen war und weiter einen mehr oder minder langen Transport zu überstehen hatte. Das in der erst angegebenen Weise entnommene und untersuchte Material ergab fast stets positive, das andere in einem erheblichen Prozentsatze negative Resultate. Droba und Kučera begaben sich nach Meldung eines Krankheitsfalles sofort an Ort und Stelle, entnahmen das Material unter aseptischen Kautelen und verarbeiteten es nach Rückkehr sofort im Laboratorium. Ebenso verfuhr Verfasser bei einem Teile der Sektionsfälle. Die so erzielten Resultate waren durchweg positiv und entsprachen den früher von Bettencourt mitgeteilten. Demgegenüber waren das Breslauer In-

[1] Weichselbaum u. Ghon, *Wiener klin. Wochenschrift.* 1905. Nr. 24 u. 38.

[2] Droba u. Kuçera, *Das österreichische Sanitätswesen.* Nr. 50, vom 13. Dezember 1906.



stitut wie die übrigen deutschen Anstalten mit ihrer relativ geringen Anzahl positiver (wenigstens der Kultur nach) Befunde nur auf Einsendungen angewiesen. Bei den Einsendungen macht sich wieder deutlich der Einfluß der Entfernung bemerkbar. Am instruktivsten zeigten dies die Untersuchungen des Beuthener Instituts, wo die Einsendungen von Sektionsmaterial aus Beuthen Stadt und Land noch 81·8 Prozent positiver Resultate ergaben, die aus den entfernten Kreisen nur 28·8 Proz. Im Posener Institute sank die positive Prozentzahl von 52·7 Prozent, die bei Punktionsflüssigkeiten aus den Krankenhäusern Posens erzielt wurde, auf 7·6 Prozent bei solchen von weiterher. Auch die Düsseldorfer Anstalt gibt die höchsten positiven Prozentzahlen bei dem Materiale an, das den kürzesten Transport auszuhalten hatte.

Weiterhin erwiesen sich auf das bakteriologische Resultat von Einfluß das Krankheitsstadium oder richtiger die Krankheitsdauer und zwar in der Weise, daß die frischeren Fälle im allgemeinen größere Chancen für den positiven Ausfall gaben, eine Beobachtung, die auch Councilman, Mallory und Wright mitteilen. Bei dem Beuthener Materiale sanken die positiven Kulturresultate von 69·3 Prozent bei Punktionsflüssigkeiten aus den ersten 10 Krankheitstagen auf 62·1 Prozent aus dem 10. bis 20. Krankheitstage und auf 46·3 Prozent bei solchen aus späteren Stadien. Das Posener Institut erzielte unter Mitrechnung der nur auf mikroskopischem Wege gestellten Diagnosen 78·5 Prozent positiver Resultate bei Punktaten aus den ersten 10 Krankheitstagen gegen nur 64 Prozent bei späteren Entnahmen. Unter den nur sechs negativen Ergebnissen von Droba und Kučera stammen vier aus der Zeit nach dem 7. Krankheitstage. Eine Ausnahme von der Regel, auf die ich weiter unten noch zurückkommen werde, bilden hier nur die foudroyant verlaufenden Fälle, bei denen die Zahl der nachweisbaren Meningokokken eine sehr geringe zu sein pflegt.

Gruppiert man die gesamten Ergebnisse in der Weise, wie es hier geschehen ist, so zeigen sich die positiven Befunde da, wo das Material auf der Höhe der Krankheit entnommen und unter möglichstem Ausschluß von allerhand Zufälligkeiten verarbeitet wurde, während sich die negativen in demselben Maße geltend machen, als von diesen Grundsätzen aus äußeren Gründen abgesehen werden mußte. Diese Grundsätze sind ja auch für den Nachweis anderer als Krankheitserreger längst anerkannter Bakterien von Bedeutung, sie sind es nur hier in noch höherem Grade infolge gewisser Eigenschaften der Meningokokken, ihrer großen Hinfälligkeit und geringen Wucherungsenergie gegenüber Konkurrenten. Wir dürfen also wohl nach den Erfahrungen dieser Epidemie die Konstanz des Vorkommens der Meningokokken am locus morbi als gesichert an-

sehen, und es ist nicht mehr berechtigt, die Meningokokkenbefunde bei der epidemischen Genickstarre etwa mit den Streptokokkenbefunden bei Scharlach in Parallele zu stellen oder den Diplobazillenbefunden bei der Schlafkrankheit. Die Streptokokken finden sich bei Scharlach zwar ziemlich häufig im Blute und in den Organen, aber nicht regelmäßig, und fehlen gerade bei den akuten Fällen, die Diplobazillen bei der Schlafkrankheit aber sind nur Begleiter der letzten Stadien.

Über die Verbreitung der Meningokokken im erkrankten Gewebe haben leider auch die neuesten Untersuchungen wenig Positives gebracht, was zum Teil wohl auf die Schwierigkeit ihres Nachweises in konservierten Präparaten zurückzuführen ist. Wir bleiben da in der Hauptsache auf die früheren Angaben Councilmans und seiner Mitarbeiter angewiesen, nach denen die Kokken in den erkrankten Gehirnhäuten soweit nachweisbar sind, als sich die Entzündung erstreckt, längs der Gefäße auch in die Gehirn- bzw. Rückenmarkssubstanz eindringen und dort eitrige Prozesse hervorrufen. Mit Vorliebe wählen sie auch den Weg längs großer Nervenstämme (Opticus, Acusticus) und bewirken eitrige Prozesse in Auge und Ohr. Vielleicht ist auch die häufig beobachtete Otitis media auf solche Wege zurückzuführen, da sie nach den Beobachtungen bei unserer Epidemie vorwiegend im weiteren Verlaufe der Krankheit und nicht im Beginne gefunden wird (Göppert[1]).

Zahlreicher sind die neueren Angaben über das Vorkommen der Meningokokken an andern Körperstellen. In (lobulär-) pneumonischen Herden gelang Verfasser der Nachweis zweimal, v. Drigalski[2] berichtet von einem sporadischen Falle, wo Meningokokken sich neben Pneumokokken in dem Herde vorfanden, gleichfalls mit Pneumokokken vergesellschaftet fanden sie Dieudonné, Woscher und Würdinger[3] im Lungensafte eines an Genickstarre verstorbenen Soldaten. Am bemerkenswertesten sind hier die neuesten Mitteilungen von Jacobitz[4] über eine kleine Genickstarreepidemie bei einem Jägerbataillon in Colmar, bei der nicht nur die Pneumonie eine wesentliche Komplikation darstellte, sondern in einer Anzahl von Fällen das ganze Krankheitsbild beherrschte. Als Erreger wurde der Meningococcus angesehen. Im perikarditischen Exsudate wiesen den Meningococcus Bettencourt und França zweimal nach, ebenso Schottmüller[5] in einem Falle. In einer endokarditischen Auflagerung fand ihn Weichselbaum. Die bei manchen Epidemien häufig

[1] *Klin. Jahrb.* Bd. XV.
[2] *Deutsche med. Wochenschrift.* 1905. Nr. 25.
[3] *Münchener med. Wochenschrift.* 1906. Nr. 35.
[4] *Diese Zeitschrift.* Bd. LVI.
[5] *Münchener med. Wochenschrift.* 1905. Nr. 34—36.



beobachteten Arthritiden zeigten sich in Oberschlesien so selten, daß Verfasser keinen Fall zur Untersuchung bekommen konnte. Schottmüller dagegen gelang es, aus dem Exsudate eines entzündeten Handgelenks Meningokokkenkolonien zu gewinnen. Die früheren Angaben von Osler[1] und Fronz[2] beziehen sich uur auf ziemlich unsichere mikroskopische Befunde. Auch über die gelegentlich und zwar meist im Beginne der Erkrankung auftretenden Exantheme liegen keine sicheren bakteriologischen Angaben vor. Aus Herpesbläschen will v. Drigalski in einem Falle Meningokokken durch Kulturverfahren gewonnen haben. Aus der Milz konnte Verfasser den Meningococcus zweimal unter 29 Untersuchungen züchten.

Leider haben auch die neuesten Untersuchungen über den Weg, den die Meningokokken zu den Meningen einschlagen, wenig sichere Anhaltspunkte gegeben. Schon die älteren Autoren nahmen an, was heute als erwiesen gelten kann, daß die Eintrittsstelle des Erregers in den oberen Luftwegen gelegen sei. Nach Strümpel sollte derselbe dann von der Nasenhöhle aus dem Olfactorius entlang zum Gehirn wandern. Auch Weichselbaum hält es für wahrscheinlich, daß die Kokken von den Lymphgefäßen der Nasenschleimhaut in die der Pialscheide des Olfactorius eindringen und so zu den Gehirnhäuten gelangen. Droba und Kuçera folgern aus ihren histologischen Untersuchungen, daß der Teil der Nasenschleimhaut, welcher mit mehrschichtigem Flimmerepithel bedeckt ist, die Eintrittspforte darstellt und daß von den hier vorhandenen Lymphgefäßen, die nach den Untersuchungen von Key, Retzius und anderen Anatomen mit dem Subarachnoidal- und Subduralraume in direkter Verbindung stehen, die Verschleppung zu den Meningen erfolgt. Diesen Autoren gegenüber sah Westenhöffer die Eintrittspforte nicht in der Schleimhaut der Nase, sondern der des Nasenrachenraums. Aber seine zuerst von ihm aufgestellte Hypothese, daß der Infektionsweg durch die Keilbeinhöhle führe, ist von ihm selbst schon fallen gelassen. Auch die Annahme, daß die Erreger der Carotis entlang zum Gehirn vordrängen, hat ebensowenig eine allgemeinere Anerkennung gefunden, wie der Weg längs der Nerven, die aus dem Nasenrachenraume zur Schädelhöhle führen. Unter diesen Umständen erscheint mir der in neuer Zeit gar nicht so selten gelungene Nachweis der Meningokokken im Blute von großer Bedeutung. Bei Leichenblut hatte Verfasser unter 30 Untersuchungen dreimal positive Resultate, Curtius[3] gewann nach anfäng-

---

[1] *Brit. med. Journ.* 1899.

[2] *Wiener klin. Wochenschrift.* 1897.

[3] *Med. Klinik.* 1905. Nr. 31 u. 32.



lichen Mißerfolgen dreimal Kulturen auch aus dem Blute von Lebenden, Jacobitz[1] zweimal. Wenn man bedenkt, daß bei der bisherigen Methodik Meningokokken im Blute nur nachgewiesen werden konnten, wenn sie zahlreicher darin vorhanden waren, so sind diese Angaben schon recht bemerkenswert und machen es wahrscheinlich, daß die Blutbahn auch für die Meningokokken doch mehr in Betracht kommt, als es bisher vermutet wurde. Bei den foudroyanten Fällen habe ich sogar guten Grund anzunehmen, daß den im Blute kreisenden Kokken die Hauptrolle zufällt. Diese hochakuten Erkrankungen sind klinisch ausgezeichnet durch ihren rapiden, oft nur wenige Stunden währenden Verlauf, der es zu einer deutlichen Ausbildung meningitischer Symptome gar nicht kommen läßt, pathologisch-anatomisch durch die äußerst geringfügigen Veränderungen an den Gehirn- und Rückenmarkshäuten, was im Einvernehmen steht zu der sehr geringen Anzahl der hier nachweisbaren Meningokokken. Ist man bei Sektionen derartiger Fälle nicht in der Lage, das Material selbst entnehmen und baldigst verarbeiten zu können, so ist das Resultat stets negativ. Alle derartige Einsendungen waren bei uns ergebnislos und auch Droba und Kuçera geben in ihrer sorgfältigen Arbeit an, daß die Zahl der Meningokokken immer nur sehr gering gewesen sei. Pathologisch-anatomischer wie bakteriologischer Befund stehen also hier mit einer gewissen Gegensätzlichkeit der Bösartigkeit und Schnelligkeit des klinischen Krankheitsverlaufes gegenüber. Auf Grund weiterer Erfahrungen und von Tierexperimenten, über die ich an anderer Stelle berichten werde, nehme ich jetzt an, daß es sich hier um eine akute Intoxikation mit Meningokokkengift handelt, die durch das Zugrundegehen zahlreicher Meningokokken innerhalb der Blutbahn hervorgerufen ist. Bakteriologisch möchte ich den Vorgang zu den Intoxikationen in Analogie setzen, die wir im Tierexperiment nach Einführung der dosis letalis minima erzielen können. Auch hier tritt zunächst eine Infektion ein, der dann durch die Bakterizidie ein Ziel gesetzt wird, jedoch zu spät, um den Vergiftungstod zu verhindern. Auf eine bakterielle Allgemeinvergiftung weisen bei den foudroyanten Fällen auch die pathologisch-anatomischen Befunde insofern hin, als sich im Gegensatze zu den geringfügigen Veränderungen an den nervösen Zentralorganen in der Regel deutliche Veränderungen am lymphatischen Apparate, Schwellungen der Lymphdrüsen und Darmfollikel, häufig auch Blutungen an den serösen Häuten und im Darme nachweisen lassen. Auch die große Thymusdrüse habe ich nur bei solchen Fällen gesehen. Das nicht seltene Vorkommen noch anderer Bakterien in den Exsudaten und Abstrichen der Gehirnhäute

[1] *Münchener med. Wochenschrift.* 1905.



auch bei ganz frischem Sektionsmateriale hatte mich früher zur Annahme einer Mischinfektion veranlaßt. Ich möchte diese Bakterien aber jetzt mehr für sekundäre Einwanderer halten, nachdem ich mich überzeugt habe, daß solche sich außerordentlich leicht im Anschluß an Vergiftungen einstellen, die durch aufgelöste Bakterien zustande gekommen sind. Jedenfalls wird man der Infektion des Blutes bei der Genickstarre in Zukunft eine höhere Aufmerksamkeit schenken müssen, als es bisher geschehen ist.

Im Handbuche von Kolle-Wassermann äußert sich Weichselbaum in dem Kapitel „Die Erreger der Meningitis" wie folgt: Bezüglich der epidemischen Form der Meningitis cerebrospinalis wird zwar noch von einer Anzahl von Autoren die Ansicht vertreten, daß sie nur durch eine einzige Art von Mikroorganismen erzeugt wird; doch kann diese Ansicht, wie wir noch später sehen werden, durchaus nicht als bewiesen betrachtet werden. Es verhält sich also die Meningitis ätiologisch ebenso wie viele andere akute Entzündungen, indem sie nämlich durch verschiedene Arten von Mikroorganismen hervorgerufen werden kann. Diese sind folgende: 1. Micrococcus meningitidis cerebrospinalis, 2. Diplococcus pneumoniae, 3. Streptococcus pyogenes, 4. Staphylococcus pyogenes, 5. Bacillus influenzae, 6. Bac. pneumoniae, 7. Bac. typhi abdominalis, 8. Bac. coli communis, 9. Bac. mallei, 10. Bac. pestis. Hierzu kommen noch einige recht seltene, weiter unten anzuführende Meningitiserreger."

Gewiß vermögen die hier aufgezählten Bakterien gelegentlich auch eine Meningitis zu erzeugen, die meisten aber doch nur dann, wenn sie, wie auch Weichselbaum weiterhin angibt, an anderer Stelle zunächst einen primären Herd gebildet haben. Fassen wir aber nur diejenigen Arten ins Auge, die auch ohne solche primäre Herdbildung von außen, d. h. hier von den Schleimhäuten aus, in das Körperinnere einzudringen und sich in den Meningen anzusiedeln vermögen, so ändert sich die Aufstellung, indem die Bazillen fast sämtlich ausfallen, während einige Kokkenarten nach den neueren Untersuchungen angefügt werden müssen. In der so entstehenden Gruppe wäre nächst dem Micrococcus meningitidis cerebrospinalis, dem Meningococcus, der Pneumococcus aufzuführen, der ja in der älteren Literatur als mutmaßlicher Erreger der epidemischen Form der Genickstarre eine große Rolle spielte. Allerdings ist es, wie Schottmüller ganz richtig bemerkt, doch recht zweifelhaft, ob es sich bei verschiedenen dieser Angaben wirklich um den Pneumococcus gehandelt hat. Als Tatsache darf aber doch angesehen werden, daß er in typischer Form in den Punktionsflüssigkeiten und den Exsudaten auch



bei primärer Meningitis gefunden wurde. Ich verweise hier auf die älteren und neuesten Angaben von Weichselbaum wie auf die Mitteilungen aus der neuesten Epidemie von Flügge, Wollenweber und Verfasser.

Im ganzen sind wir in Oberschlesien ziemlich selten auf den Pneumococcus gestoßen, recht häufig dagegen, namentlich während der Epidemiezeit, auf den Diplococcus crassus, der sich mit Meningokokken vergesellschaftet bei der epidemischen Form der Meningitis vorfand. Wir begegneten ihm ferner in der Ventrikelflüssigkeit bei tuberkulöser Meningitis sowie in einem Falle akuter Meningitis nach Trauma. Es handelte sich hier um einen Radfahrer, der bei einem Sturze mit dem Kopf gegen einen Baum gefallen war. Am andern Tage traten hohes Fieber, Erbrechen und andere meningitische Erscheinungen auf, die den Arzt zur Vornahme der Punktion veranlaßten. In der reichlich entleerten Punktionsflüssigkeit fanden sich zahlreiche Dipl. crassus in Reinkultur. Daß der Diplococcus auch bei früheren Epidemien eine Rolle gespielt hat, ersehen wir aus den Jägerschen Veröffentlichungen. Weiter hat Baginsky[1] in neuester Zeit einen Fall von primärer Meningitis beschrieben, wo sowohl die von der Punktionsflüssigkeit angelegten Originalpräparate wie Kulturen den Coccus ergaben.

Das Verhältnis des Meningococcus zum Diplococcus crassus alias „Jägerscher Modifikation des Meningococcus" ist wohl zurzeit allgemein dahin aufgeklärt, daß beide Organismen nicht das geringste miteinander zu tun haben. Die schon von anderer Seite, insbesondere von Albrecht und Ghon[2], angegebenen Unterschiede in morphologischer, tinktorieller und kultureller Beziehung konnte ich auch bei meinem Materiale bestätigen. Ich habe weiter in meiner Veröffentlichung im „Klinischen Jahrbuch" auf fundamentale biologische Differenzen (Verhalten gegenüber verschiedenen Zuckerarten), die gleichfalls an zahlreichen Stämmen beider Arten festgestellt wurden, hingewiesen. Trotzdem scheint Jäger auch jetzt[3] nicht von seiner Modifikation, die er als „mutierten" Meningococcus ausgibt, lassen zu wollen, wobei er sich in erster Linie auf das Verhalten der beiden Arten gegenüber spezifischem Serum stützt; beide sollen durch das gleiche Serum — mit dem Weichselbaumschen Coccus oder mit der „Modifikation" hergestellt — agglutiniert werden. Da Jäger auch eine Angabe von mir zum Beweise für seine Behauptungen heranzieht, so will ich an dieser Stelle wenigstens kurz darauf eingehen. In meinem Be-

[1] *Berliner klin. Wochenschrift.* 1907. S. 385.
[2] *Wiener klin. Wochenschrift.* 1901.
[3] *Ebenda.* 1906. Nr. 44.



richte im „Klinischen Jahrbuch" hatte ich angegeben, daß der Diplococcus crassus nicht nur von seinem spezifischen Serum, sondern auch von einem Meningokokkenserum agglutiniert wäre, aber nicht umgekehrt auch der Meningococcus von einem Crassusserum. Die Angabe Bettencourts[1], daß der Diploc. crassus bzw. die Jägersche Modifikation des Meningococcus auch schon durch normales Serum in stärkeren Verdünnungen agglutiniert würde, ist für die Erklärung meiner obigen Befunde nicht zutreffend. Allerdings wird dieser Coccus auch durch nicht spezifisches Serum agglutiniert, er verliert aber diese Eigenschaft, wenn man ihn, wie ich das für solche Zwecke stets getan habe, auf bluthaltigen Nährböden (Ascitesagar mit Blutaufstrich) züchtet. Um zu einer Klarstellung zu kommen, habe ich die Frage in neuerer Zeit wieder aufgenommen. Aus den noch nicht abgeschlossenen Versuchsresultaten sei hier nur mitgeteilt, daß sich in einem Meningokokkenserum Stoffe vorfinden können, die auf den Crassus agglutinierend wirken, daß diese aber nicht identisch sind mit jenen, die den Meningococcus agglutinieren, mithin auch ein positiver Ausfall der Probe nicht im Jägerschen Sinne verwertet werden kann.

Ob der Staph. pyogenes und der Strept. longus zu der hier betrachteten Gruppe von Bakterien zu rechnen sind, muß noch als zweifelhaft gelten. Zwar wird der erstgenannte ziemlich häufig als Befund in Punktionsflüssigkeiten erwähnt, doch dürfte es sich vielfach um nachträgliche Verunreinigungen gehandelt haben. In einwandfrei entnommenem und bald nach der Entnahme verarbeitetem Materiale habe ich den Staphylococcus nur verschwindend selten angetroffen. Auch der Streptococcus longus ist weit weniger häufig, als man nach seinem Vorkommen in den oberen Luftwegen und seinen sonstigen pathogenen Eigenschaften erwarten sollte. Ich habe ihn, abgesehen von einem Falle, nur bei Meningitis nach schwerem Trauma (Schädelbruch) feststellen können. Eine wichtigere Stellung scheint dagegen der Streptococcus mucosus einzunehmen. Wir haben ihn in Krankheitsprodukten allerdings nur einige Male gefunden, und zwar 1mal im Eiter bei Hüftgelenksentzündung, die sich im Anschluß an eine Meningitis entwickelt hatte, und je 1mal in der Punktionsflüssigkeit, den Gehirnhäuten und dem Otitiseiter eines Kindes, das unter den Erscheinungen der Meningitis gestorben war. Es spricht aber manches dafür, daß das zuerst von Schottmüller[2] genauer beschriebene Bakterium verschiedentlich auch bei epidemischen Fällen eine Rolle gespielt hat. Jedenfalls passen die Beschreibungen, die sowohl

[1] *Arch. de l'institut de Bacteriologie.* Lissabon 1906. Bd. I.
[2] *Münchener med. Wochenschrift.* 1903.



Bonome[1] wie Panienski[2] von den mutmaßlichen Erregern der von ihnen beobachteten Genickstarrefälle gegeben haben, ganz gut auf den Streptococcus mucosus, besser als auf den Pneumococcus.

Gramnegative Kokken werden, von den Meningokokken abgesehen, nur ganz vereinzelt in den Punktionsflüssigkeiten bzw. den Exsudaten bei Meningitis beobachtet. Zunächst sei hier eine Art erwähnt, die wegen einer gewissen Ähnlichkeit mit dem Meningococcus unter Umständen zu Verwechselungen Anlaß geben könnte — der Diploc. mucosus. Beschaffenheit des Kornes, Tinktion und Lagerung sind wie bei dem Meningococcus. Die Kolonie auf der Ascitesagarplatte ist grauweiß durchscheinend, aber stärker gewölbt als die des Meningococcus und vor allem von einer saftig visziden Beschaffenheit. Fast ebenso üppig ist das Wachstum auf Agar; differentialdiagnostisch ist wichtig, daß der Diplococcus auch auf Gelatine und bei niederer Temperatur (18 bis 20°) gedeiht. Das von mir beschriebene und als Diplococcus mucosus bezeichnete Bakterium ist offenbar dasselbe, das Weichselbaum und Ghon einmal im Nasensekrete eines Gesunden fanden und eingehender beschrieben.[3] Aus ihren Angaben ersehen wir, daß dieser Coccus eine nicht unerhebliche Pathogenität gegenüber Mäusen besitzt — eine Eigenschaft, die wir sonst bei keinem einzigen, bisher bekannten gramnegativen Coccus vorfinden. Wahrscheinlich ist auch der von Droba und Kučera[4] beschriebene Meningococcus spurius das gleiche Lebewesen. Auch von diesen Autoren wird die Virulenz für Mäuse hervorgehoben. Was die Fundorte betrifft, so habe ich den Coccus nur einmal in einer Punktionsflüssigkeit und zwar von einem Pneumoniker angetroffen, bei dem meningitische Erscheinungen eingetreten waren, sonst nur, ebenso wie die genannten Autoren, in den Nasen- bzw. Rachensekreten.

Ein anderer, aber auch nur recht selten in den Punktionsflüssigkeiten bei primärer Meningitis beobachteter gramnegativer Coccus ist der Micrococcus cinereus. Er ähnelt mikroskopisch noch am meisten dem Microc. catarrhalis, doch ist das Korn viel plumper und unregelmäßig; die Kultur auf schrägem Ascitesagar unterscheidet sich wesentlich von der aller übrigen gramnegativen Kokken, ist viel zarter und erinnert am meisten an die des Diplococcus crassus, von dem aber sowohl die Tinktion wie das Verhalten gegen Zuckerarten eine Unterscheidung gestattet. Von den gramnegativen Flavusarten habe ich nur einmal den Diploc. flavus III

[1] Zieglers *Beiträge.* 1890. Bd. VIII.
[2] *Deutsche militärärztl. Zeitschrift.* 1895. Hft. 8 u. 9.
[3] *Wiener klin. Wochenschrift.* 1905. Nr. 24.
[4] A. a. O.



in großen Mengen in der Ventrikelflüssigkeit eines Kindes angetroffen, über dessen Krankheit leider, außer daß ein Exanthem vorhanden gewesen war, nichts Näheres mehr ermittelt werden konnte. Den in den oberen Luftwegen so häufig vorkommenden Micr. catarrhalis habe ich niemals bis jetzt in den Punktionsflüssigkeiten oder in den bei Sektionen gewonnenen meningitischen Exsudaten vorgefunden, bin auch in der Literatur auf keine sichere Mitteilung über sein Vorkommen an dieser Stelle gestoßen.

Immerhin wird also einer ganzen Anzahl von Bakterien außer dem Meningococcus die Fähigkeit zuerkannt werden müssen, auch auf nicht metastischem Wege in die Meningen einzudringen und sich hier anzusiedeln. Bezüglich ihrer Fähigkeit aber auch als Erreger epidemischer Erkrankungen auftreten zu können, müssen noch weitere Untersuchungen auf Grund der heute vorliegenden Erfahrungen und Methoden abgewartet werden.

Als einen wesentlichen Fortschritt haben uns die in Anlaß der letzten großen Genickstarreepidemie ausgeführten bakteriologischen Untersuchungen die Tatsache gebracht, daß der Meningococcus sich mit großer Regelmäßigkeit in den oberen Luftwegen der an Genickstarre erkrankten Personen vorfindet. Sehen wir von den früheren Angaben ab, die sich auf die hier völlig wertlose, bloß mikroskopische Untersuchung der in Betracht kommenden Sekrete beziehen, so bleiben nur die Mitteilungen von Ghon[1] übrig, der gelegentlich der Trifailer Epidemie im Nasensekrete eines Mannes, dessen Kind an Genickstarre gestorben war, den Meningococcus kulturell nachwies, sowie die von Kiefer[2], der die Meningokokken aus seinem Nasensekrete (wahrscheinlich handelte es sich um eine Laboratoriumsinfektion) züchten konnte. Dagegen erscheinen mir die bisweilen zitierten Resultate von Lord[3] nicht ganz zweifelsfrei. Untersuchungen in großem Maßstabe wurden jedenfalls erst gelegentlich der Epidemie in Oberschlesien ausgeführt. Über die Ergebnisse habe ich schon an anderer Stelle[4] ausführlich berichtet, so daß ich mich hier auf die Wiedergabe der wichtigsten Daten beschränken darf. Im ganzen wurden 787 Sekretproben von Genickstarrekranken untersucht, die 182 mal = 23·12 Prozent den Meningococcus im Kulturverfahren lieferten. Mehr noch als bei den Einsendungen von Leichenmaterial und Punktaten machten sich hier die

[1] A. a. O.
[2] *Berliner klin. Wochenschrift.* 1896.
[3] *Centralblatt für Bakteriologie.* Bd. XXXIV.
[4] A. a. O.



Methode der Entnahme und die Dauer des Zeitintervalles zwischen Entnahme und Verarbeitung des Materials auf den Ausfall der Untersuchungen geltend. Während die 390 Proben aus Beuthen und der nächsten Umgebung 130 positive Resultate brachten, ergaben die übrigen 397 Einsendungen nur 52 = 13 Prozent. Noch mehr ins Gewicht fiel aber das Krankheitsstadium, in welchem die Entnahme erfolgte. Hiernach verteilten sich die 130 positiven Einsendungen wie folgt:

1. bis 5. Krankheitstag,	156	Einsendungen,	positiv	104 = 66·60	Prozent.
6. „ 10. „	57	„	„	14 = 24·56	„
11. „ 20. „	62	„	„	7 = 11·29	„
21. „	115	„	„	5 = 4·39	„

Bei Beobachtung aller Kautelen gelang es bei 49 Patienten des städtischen Krankenhauses, die im Beginn der Erkrankung aufgenommen und sofort untersucht wurden, 46 mal (93·8 Prozent) den Meningokokkennachweis im Nasenrachenschleime zu erbringen.

Die Resultate aus den übrigen deutschen Untersuchungsanstalten, die nach mancher Richtung wohl noch unter ungünstigeren Bedingungen als wir arbeiteten, waren weniger beweiskräftig. Im Breslauer hygienischen Institute wurden unter 44 Proben von auswärts 4 als positiv gefunden — Angabe des Krankheitsstadiums fehlt. Das Posener Institut wies bei 7 unter 26 Kranken, die in dortigen Krankenhäusern untergebracht waren, den Meningococcus nach. Die positiven Resultate fanden sich nur bei Einsendungen aus den ersten Krankheitstagen. Bei den 19 positiven Ergebnissen unter 58 Einsendungen der Düsseldorfer Anstalt ist leider nicht zu erkennen, wieviel sich auf erkrankte Personen beziehen. Droba und Kuçera geben an, daß sie in 15·38 Prozent der untersuchten Fälle den Meningococcus aus dem Nasensekrete von Erkrankten züchten konnten. Sämtliche positiven Resultate stammten aus dem Krankheitsbeginn (2. bis 6. Tage nach dem Krankheitsausbruche). Auf die wahrscheinlichen Gründe der Abweichungen, die die positiven Prozentzahlen der verschiedenen Anstalten ergeben, soll noch weiter unten eingegangen werden. Hier sei zunächst nur hervorgehoben, daß der Nachweis des Meningococcus in den oberen Luftwegen allen Anstalten gelungen ist und weiter, daß alle Autoren, den Beginn der Erkrankung als den geeignetsten Zeitpunkt für die Entnahme angeben. Daß sich die Meningokokken vorwiegend nur im Beginne der Erkrankung in den Nasenrachensekreten nachweisen lassen ist wichtig, nicht nur für unsere pathogenetischen Vorstellungen und für die Prophylaxe, sondern auch als weiteres Glied in der Kette der Beweisstücke für die ätiologische Bedeutung des Meningococcus. Wäre derselbe ein beliebiger zufälliger Schleimhautepiphyt, so wäre in der Tat gar



nicht ersichtlich, weshalb sein Vorkommen in dem Maße an den Krankheitsbeginn geknüpft ist.

Die Resultate der Sekretuntersuchungen bei Kranken gewinnen aber erst ihren Wert, wenn sie mit den unter den gleichen Bedingungen bei Gesunden gefundenen verglichen werden. Von gesunden bzw. anderweitig erkrankten Personen wurden im Beuthener Institute während der Epidemie 514 Einsendungen untersucht, die 28 mal ein positives Resultat ergaben. Diese verteilen sich so, daß 23 derselben auf nahe Angehörige, 4 auf Hausgenossen, 1 auf Pfleger von Kranken fielen, während die 127 Untersuchungen bei Personen, die in keinerlei Beziehung zu Kranken standen, sämtlich negativ ausfielen. Noch lehrreicher sind die Resultate von Ostermann[1], der in der Lage war, die Entnahmen selbst auszuführen. Es fanden sich hier bei 17 unter 24 Personen, die sechs von Genickstarre betroffenen Familien angehörten, Meningokokken vor (70·8 Prozent), während zehn andere Personen, die zwar in der Nähe der betroffenen Familien wohnten, aber nicht mit ihnen in Verkehr standen, frei waren. Gleichfalls negativ verliefen die Untersuchungen von 50 Schulkindern, die in keinem Zusammenhange mit Genickstarrekranken standen. Dieudonné[2] und Haslauer[3] fanden gelegentlich einer kleinen Genickstarreepidemie beim 1. bayrischen Trainbataillon unter 89 anderweitig erkrankten oder gesunden Mannschaften 9 Kokkenträger, die sämtlich Stubengenossen der Erkrankten waren, während unter 20 Mann der weiteren Umgebung kein Kokkenträger gefunden wurde. Untersuchungen in noch größerem Maßstabe hat vor Jahresfrist Bochalli[4] im hiesigen Institute ausgeführt. Anläßlich eines Falles typischer Genickstarre bei der 9. Kompagnie des hier garnisonierenden Infanteriebataillons wurden in einem Zeitraume von 4 Wochen 485 Soldaten, also nahezu der gesamte Mannschaftsbestand der Untersuchung unterzogen, wobei 42 Mann = 8·6 Prozent als Träger von Meningokokken ermittelt wurden. Von diesen 42 Mann gehörten 23 der 9. Kompagnie an; von den 16 Stubenkameraden der Erkrankten erwiesen sich 10 als infiziert (62·5 Prozent). Die übrigen Kokkenträger verteilten sich so, daß auf die 10. Kompagnie 9, auf die 11. Kompagnie 8 und auf die 12. Kompagnie 2 entfielen. Keine Meningokokken wurden trotz wiederholter Untersuchungen bei den drei Pflegern des Erkrankten, dem behandelnden Arzte, sowie Bochalli selbst gefunden, während sich unter 10 untersuchten Offizieren 1 Kokkenträger

[1] *Deutsche med. Wochenschrift.* 1906. Nr. 11.
[2] *Centralblatt für Bakteriologie.* 1906. Nr. 4.
[3] *Ebenda.* 1906. Nr. 7 u. 8.
[4] *Inaug.-Dissertation.* Breslau 1906.

vorfand; dieser besuchte häufig Angehörige in einer Nachbarstadt, in der damals noch Genickstarrefälle vorkamen. Als meningokokkenfrei erwiesen sich dagegen wieder 40 in der gleichen Zeitspanne untersuchte Mannschaften aus der benachbarten Garnison Gleiwitz.

Da man in Oberschlesien auch nach der Epidemie noch mit einer stärkeren Verbreitung der Meningokokken rechnen konnte, so war es ganz nützlich, wenn Material aus Gegenden untersucht wurde, die von der Epidemie verschont geblieben waren. Droba und Kuçera entnahmen Nasensekrete von 160 Kindern aus Ortschaften, in denen seit längerem keine Genickstarrefälle vorgekommen waren. Die Resultate waren negativ, ebenso wie die von 50 Kindern aus solchen Ortschaften, in denen seit Monaten die Seuche erloschen war. Dagegen fanden Kolle und Wassermann[1] bei ihren Untersuchungen in Berlin (Frühjahr 1905) unter 114 Personen 2 Kokkenträger. In einem Falle handelte es sich hier um ein 9jähriges Mädchen, das als der Genickstarre verdächtig vom Arzte dem Krankenhause überwiesen war, in dem anderen um einen Mann, dessen Kind unter meningitischen Erscheinungen erkrankt war. Die Kokkenträger lassen sich also hier vielleicht in Zusammenhang mit sporadischen Erkrankungen bringen. Schwerer erklärbar sind die Befunde von Kutscher[2], der bei seinen Untersuchungen in den Wintermonaten 1905/06 unter 56 Personen, die zu Genickstarrekranken nicht in Beziehung gebracht werden konnten, 4 Personen fand, die Meningokokken in ihrem Rachen beherbergten.

Da ich mit der Möglichkeit rechnete, daß eine krankhafte Beschaffenheit der Schleimhäute vielleicht zur Ansiedelung von Meningokokken disponieren könnte, habe ich während des Herbstes 1905 und Winters 1906 Rachenabstriche von Kindern, die an akut entzündlichen Prozessen des Rachens litten, auf Meningokokken untersucht. Das Material verteilte sich auf die verschiedenen Erkrankungen wie folgt:

Scharlach	25
Masern	55
Keuchhusten	38
verschiedene Formen von Angina	66
	184

So reichlich vielfach die Ausbeute an anderen gramnegativen Kokken war, Meningokokken wurden in keinem einzigen Falle nachgewiesen. Ein gleiches Resultat ergaben auch die bis heute fortgesetzten analogen Unter-

[1] *Klin. Jahrb.* 1906. Bd. XV.

[2] *Deutsche med. Wochenschrift.* 1906. Nr. 27.

suchungen, die zahlenmäßig noch nicht zusammengestellt sind. Stärkere, akut entzündliche Prozesse scheinen nicht für die Ansiedelung der Meningokokken zu disponieren, vielleicht schon deshalb nicht, weil die Meningokokken der Konkurrenz der hier vorkommenden Bakterien nicht gewachsen sind. Anders dürften sich chronisch vorhandene Reizzustände der Schleimhaut verhalten, sowie auch solche leichten akuten, welche nach Kältewirkung usw. auftreten und nur in verstärkter Schleimsekretion zum Ausdruck kommen.

Im großen ganzen zeigt uns jedenfalls ein Überblick über das bisher vorliegende Material, daß der Meningococcus in den oberen Luftwegen sowohl der an Genickstarre erkrankten Personen wie ihrer Umgebung auftritt, und daß er da fehlt, wo kein Zusammenhang mit der Krankheit besteht. Doch wird man sich, was den zweiten Teil der These betrifft, auf einige weitere Ausnahmen gefaßt machen dürfen. Zur Erklärung der hier und da vorkommenden sporadischen Fälle muß ja auch mit solchen gelegentlichen Trägern gerechnet werden. Es ist sogar nicht ausgeschlossen, daß durch methodisch fortgesetzte Untersuchungen an einem großen Materiale mal an einer Stelle, die gar keine manifeste Erkrankung aufweist, auch eine epidemische Verbreitung von Meningokokken aufgedeckt wird. Ich möchte hier nur an das Bochallische Material erinnern, aus dem wir uns zwanglos den einen unzweifelhaften Fall von Genickstarre fortdenken können; dann bleibt eine ausgesprochene epidemische Verbreitung des Meningococcus ohne Meningitis.

Die Untersuchung der Nasenrachensekrete auf Meningokokken gestaltet sich in mehrfacher Richtung schwieriger als die von Punktionsflüssigkeiten usw. Zunächst ist ersichtlich, daß bei der heute geübten Methode der Entnahme — Abstreichen der Sekrete vermittelst einer mit Watte armierten Sonde — das in dünner Schicht befindliche Material den schädigenden Einflüssen der Eintrocknung in hohem Maße ausgesetzt ist. Die Folge davon ist, daß positive Resultate nur solche Entnahmen geben können, die bald auf den Nährboden übertragen werden. Wie sehr dies Moment ins Gewicht fällt, zeigt meine Gegenüberstellung der positiven Ergebnisse, die das Material aus Beuthen selbst und das aus den entfernteren Ortschaften während der Epidemie geliefert hat. Weiter aber ist für den Ausfall der Untersuchung von großer Bedeutung, von welcher Stelle der oberen Luftwege das Material entnommen ist. Auch nach der Richtung sind die Zahlen der oberschlesischen Epidemie lehrreich. Im Beginn unserer Untersuchungen entnahmen wir, gestützt auf die wenigen zuverlässigen Angaben anderer Autoren, Sekrete aus der



Nase. Später überzeugten wir uns durch vergleichende Beobachtungen, daß der Hauptsitz der Meningokokkenwucherung mehr in der Tiefe, nach dem Rachen zu und im Rachen selbst, gelegen war. Ich schlug deshalb die Entnahme aus dem Rachen, vom Munde aus, vor, doch wollten die Kollegen, auf die ich wesentlich angewiesen war, darauf nicht eingehen, weil sie die andere Methode — Einführung der Sonde bis in den Nasenrachenraum — bei Kindern für leichter durchführbar nnd schonender hielten. So behielt ich während der Epidemie im großen ganzen das Verfahren bei und beschränkte mich darauf, bezüglich der Einführung der Sonde besondere Vorschriften zu geben. Ich führe diese Dinge hier nochmals an, weil der Berliner Pathologe Westenhöffer, der sich einige Wochen zum Studium der Genickstarre hier aufhielt, in seinem Berichte im „Klinischen Jahrbuch" (Bd. XV) mitteilt, daß er mich erst auf die richtige Art der Entnahme aufmerksam gemacht hätte. Wäre dem so gewesen, so hätten naturgemäß die Untersuchungsresultate nach seiner Anwesenheit, oder um seine Worte zu zitieren, „nachdem er seine Entdeckung den beteiligten Ärzten und Medizinalbeamten mitgeteilt hatte", besser werden müssen. Nach Ausweis der Listen ist aber das gerade Gegenteil der Fall. Eine ausführliche Berichtigung habe ich dem „Klinischen Jahrbuche" zugehen lassen.

Wenn nach unseren Beobachtungen die Schleimhaut des Nasenrachens und Rachens als Hauptwucherungsstätte der Meningokokken anzusehen sind, so schließt das nicht aus, daß auch die Nasenschleimhaut häufig genug von der Infektion betroffen ist. Weiter ist nicht unwahrscheinlich, daß dieselbe auch bisweilen den Rachen überschreitet und sich bis in den Kehlkopf, die Trachea und die Bronchien erstreckt. Hierfür dürften vor allem die an anderer Stelle schon erwähnten Fälle von Jacobitz sprechen, die von dem Autor geradezu als Meningokokkenpneumonien gedeutet wurden. In erster Linie aber haben wir heute bei der Untersuchung unsere Aufmerksamkeit auf den Nasenrachenraum und Rachen zu lenken und es empfiehlt sich daher, womöglich von beiden Stellen Material zu entnehmen. Der Entnahme aus dem Nasenrachenraum dient am besten eine dünne, mit Watte am Ende armierte Sonde, die durch die Nase bis zum Aufstoßen an der hinteren Rachenwand durchgeführt und unter leicht drehender Bewegung wieder ausgezogen wird. Das Rachensekret wird nach dem Vorgange des Breslauer Instituts mit am Ende rechtwinkelig gebogener Sonde nach Niederdrücken der Zunge von der hinteren Rachenwand abgestrichen.

Mit Benutzung dieser Methodik sind von den deutschen Autoren schon die meisten der hier zitierten Untersuchungen ausgeführt, wenigstens soweit sie auf gesunde Personen Bezug haben. Die Differenzen in den



prozentualen positiven Ergebnissen, wie sie namentlich die Befunde bei Erkrankten zeigen, sind auf andere Momente zurückzuführen, auf zu späte Verarbeitung des Materials und zum Teil wohl auch auf Benutzung hier ungeeigneter Nährböden. Dagegen hätten Weichselbaum und Ghon, sowie namentlich Droba und Kuçera, welche letzteren die Entnahme selbst ausführen konnten, bei ihrer sonst so exakten Methodik sicher bessere Resultate erzielt, wenn sie statt der Nasensekrete mehr die Rachensekrete berücksichtigt hätten.

Die dritte wesentliche Schwierigkeit bei der Untersuchung ist dadurch gegeben, daß auf der Schleimhaut der oberen Luftwege verschiedene meningokokkenähnliche Bakterien vorkommen, wobei unter „meningokokkenähnlich" nur die gramnegativen, in ihrer Form an die Meningokokken erinnernden Arten verstanden sein sollen. Ich habe dieselben in differential-diagnostischer Beziehung schon eingehender im „Klinischen Jahrbuche" abgehandelt und verweise weiter auf eine demnächst erscheinende ausführliche Arbeit vom Assistenten am Institute Dr. Friese. Ich beschränke mich deshalb kurz auf eine Zusammenstellung der in Betracht kommenden Arten.

I. Micrococcus catarrhalis: häufig. Kolonie trocken, bröckelig, bei mikroskopischer Betrachtung (Leitz 3, Oc. 1.) granuliert, mit meist unregelmäßigem Rande. Greift weder Traubenzucker noch Maltose, noch Laevulose an.

II. Diplococcus flavus I. Kolonie auf Ascitedagar der des Meningococcus sehr ähnlich. 24stündige Schrägkultur zeigt in dicker Schicht deutlich gelbes Pigment.

III. Diplococcus flavus II. Kolonien polymorph, bald mehr feucht glänzend, bald trocken, runzlig (Diplococcus siccus). Die 24stündige Schrägkultur zeigt in dicker Schicht gelbes Pigment.

IV. Diplococcus flavus III. Anfangs schwer züchtbar und deshalb selten zur Beobachtung kommend. Später ähnlich dem flavus II.

Alle drei Flavus-Arten bilden bei Gegenwart von Traubenzucker, Maltose und Laevulose Säure, während der Meningococcus nur Traubenzucker und Maltose, diese regelmäßig, vergärt.

V. Diplococcus mucosus. Kolonie üppiger und saftiger als die des Meningococcus. Wächst auch auf Gelatine bei Zimmertemperatur. Nach manchen Autoren stark pathogen für Mäuse.

VI. Micrococcus cinereus. Grobes, ungleichmäßiges Korn. Kolonie und Schrägkultur zart, an den Diplococcus crassus erinnernd. Greift Traubenzucker, Laevulose und Maltose nicht an.



Die hier aufgeführten Kokken stellen von dem Meningococcus scharf trennbare Arten dar. Nun sind aber neuerdings in den oberen Luftwegen Gesunder vereinzelt Kokken gefunden, die morphologisch und biologisch keinerlei Unterschiede von dem Meningococcus zeigen, wohl aber in bezug auf die Agglutination Abweichungen erkennen lassen. Während der Epidemie bin ich auf solche Formen nicht gestoßen und ich möchte ihre Deutung noch der Zukunft vorbehalten.

Schon von Bettencourt und França waren in den Blutproben von neun Genickstarrekranken agglutinierende Stoffe gegenüber dem Meningococcus nachgewiesen. Zahlreiche Untersuchungen (insgesamt 593) wurden dann im hiesigen Institute während der Epidemie ausgeführt. Es zeigte sich hierbei, daß während der ersten Krankheitstage nur 24·1 Proz. der Proben einen positiven Ausfall gaben, vom 6. bis 20. Krankheitstage dagegen 52·7 Prozent. Denselben Prozentsatz fand Wollenweber bei seinen 15 Proben, während Ditthorn und Gildemeister bei 17 Proben 70·5 Prozent positive Resultate erhielten. Von praktisch nicht zu unterschätzender Bedeutung, die zu weiterer Nachprüfung auffordert, erscheinen die Befunde von Jacobitz.[1] Derselbe fand bei einer Anzahl Soldaten, die zwar Meningokokken im Rachen beherbergten, aber nur unter leichten und ganz unbestimmten Krankheitserscheinungen erkrankt waren, eine deutlich agglutinierende Wirkung des Blutes.

Als Fazit der einschläglichen Untersuchungen ergibt sich, daß etwa von der zweiten Krankheitswoche an bei 50 bis 60 Prozent der Erkrankten agglutinierende Stoffe im Blute nachgewiesen werden können. Über die Haltbarkeit der Stoffe im Blute liegen noch nicht viel Mitteilungen vor. Bettencourt und França fanden solche noch 12 und 14 Monate nach dem Krankheitsbeginne. Es dürfte sich hier aber doch wohl um Ausnahmen gehandelt haben, wenigstens ergaben die im hiesigen Institute untersuchten Proben, die nach dem 21. Krankheitstage entnommen waren, wieder eine Abnahme in den positiven Ergebnissen (26·7 gegen 52·7 Prozent). Der Titer der untersuchten Proben wurde im allgemeinen nicht hoch gefunden. Bettencourt fand allerdings bei seinen neun Patienten zweimal Werte von 1:200, bei einem Rekonvaleszenten sogar einmal 1:1000, wogegen unsere 593 Prüfungen nur einmal 1:200 und zweimal 1:100 ergaben. Ganz vergleichbar sind die Angaben der verschiedenen Autoren nicht, da die Agglutinierbarkeit

[1] A. a. O.



der verschiedenen Meningokokkenkulturen in ziemlich großen Grenzen schwankt. Will man die Prüfung zu diagnostischen Zwecken benutzen, so ist die vorherige genaue Feststellung der Agglutinierbarkeit des Kulturstammes unerläßlich. Geeignet sind Kulturstämme, die durch spezifisches Tierserum leicht agglutiniert, durch normales menschliches Serum aber in der Verdünnung 1:10 bei 24 stündigem Aufenthalte im Thermostaten nicht sichtlich beeinflußt werden.

In einer Abhandlung, die im Sommer 1905, also zu einer Zeit erschien, in der die ausführlichen Berichte über die schlesische Epidemie noch nicht vorlagen, wendet sich Weichselbaum energisch gegen die Zweifler, gegen diejenigen, die die ätiologische Bedeutung des Meningococcus für die Genickstarre als gesichert noch nicht ansehen wollten. Vom Weichselbaumschen Standpunkte erscheint dieser Protest durchaus verständlich. Wer, wie er, den Meningococcus nicht nur entdeckt, sondern auch durch Jahre verfolgt, sich über die Unrichtigkeit der Angaben mancher anderer Autoren mit eigenen Augen informiert hatte, der mußte naturgemäß die ganze Frage in einem andern Lichte sehen, anders als derjenige, der sich aus der Literatur zu informieren und das für und wider abzuwägen hatte. Daß mir selbst der Weichselbaumsche Coccus von vornherein als der Erreger erschien geht daraus hervor, daß ich alle Untersuchungen in der Hauptsache auf ihn einrichtete. Den Ungläubigen aber zu überzeugen, war schwer, da, wie ich auch einleitend hervorhob, zwingende Tatsachen nicht vorlagen. Es mußte bei den Meningokokken, sozusagen, ein umfangreicher Indizienbeweis angetreten werden, in dem Punkt um Punkt im für und wider abgewogen wurde. Dieser Beweis darf wohl jetzt als zu Gunsten der Meningokokken erledigt betrachtet werden, wenn auch noch Manches der Aufklärung harrt. Aus dem großen jetzt vorliegenden Tatsachenmateriale hat sich ergeben, daß der Meningococcus ein wohl definiertes, von anderen ähnlichen sicher unterscheidbares Lebewesen darstellt, das bei allen Genickstarrefällen, wo die Bedingungen für den Nachweis gegeben sind, am locus morbi und zwar gerade auch im Beginne der Erkrankung gefunden werden kann. Bei einem erheblichen Teile der Erkrankten kamen seine Wirkungen auf den Gesamtorganismus durch Bildung von Agglutinen zum Ausdruck. Bei gewissen Affenarten war es möglich, durch intraspinale Einführung von Kulturen eine der menschlichen Genickstarre klinisch und pathologisch-anatomisch entsprechende Krankheit zu erzeugen. Die Wichtigkeit dieser Ergebnisse wird dadurch nicht beeinträchtigt, daß sie zum Teil nur Bestätigungen früherer Angaben darstellen. Diese Bestätigungen waren, wie die Dinge lagen, durchaus notwendig. Weiter ist durch die bakterio-



logischen Untersuchungen der letzten Jahre die ätiologische Bedeutung des Meningococcus noch dadurch sehr wesentlich gestärkt, daß sich auch die epidemiologischen Tatsachen gut mit den bakteriologischen in Einklang bringen und erklären lassen.

Die epidemiologischen Eigentümlichkeiten der Genickstarre lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

1. Die epidemische Genickstarre verbreitet sich sprungweise, d. h. die Fälle treten an räumlich getrennten Orten auf und es gelingt nur selten, einen Zusammenhang zwischen ihnen aufzudecken. Werden mehrere Mitglieder einer Familie betroffen, so erkranken dieselben in der Regel gleichzeitig oder in großen Intervallen.

2. Es liegen keine Anhaltspunkte vor, daß das Contagium an gewissen Häusern, Wohnungen, oder überhaupt Räumlichkeiten irgend welcher Art haftet. Ebenso wenig haben sich direkte Übertragungen der Krankheit durch Kleidungsstücke, Wäsche, Gebrauchsgegenstände, die von einem Kranken benutzt waren, erweisen lassen. Durchaus unbeteiligt erscheinen auch Nahrungsmittel und Wasser.

3. Die Übertragung durch Insekten, Flöhe, Wanzen ist gleichfalls auszuschließen, da sie mit dem charakteristischen, sprungweisen Auftreten nicht ins Einvernehmen zu bringen ist.

4. Die Krankheit tritt vorwiegend in der kälteren Jahreszeit auf.

Wollten wir uns nach diesen meist negativen Kriterien Vorstellungen über den Verbreitungsmodus des zunächst als hypothetisch gedachten Kontagiums bilden, so könnte als Überträger nur der gesunde Mensch in Betracht kommen. An diesem haftend würde dasselbe von Person zu Person, eventuell durch eine lange Kette von Zwischenträgern, weiter verschleppt, bis es an irgend einer Stelle einen neuen Erkrankungsfall auslöst. Voraussetzung für die Hypothese ist die Annahme, daß prozentual nur eine beschränkte Anzahl von Menschen zum Akquirieren der Krankheit geeignet ist. Kurz ausgedrückt: die Zahl der zur Erkrankung disponierten Individuen muß sich umgekehrt verhalten, wie die Zahl der nur zur Aufnahme des Kontagiums befähigten. Da die Epidemien sich vorwiegend in den Wintermonaten zeigen, also zu einer Jahreszeit, die namentlich auf die Schleimhaut der oberen Luftwege ungünstig einwirkt, so wäre weiter anzunehmen, daß das Contagium an dieser Stelle seinen Sitz aufschlägt.

Vergleichen wir nun mit diesen Resultaten epidemiologischer Betrachtungen die neueren bakteriologischen Tatsachen. Hier hat sich gezeigt, daß zunächst der Kranke im Beginn seines Leidens den Meningo-



coccus regelmäßig in seinen oberen Luftwegen beherbergt; daß der Kranke aber wieder umgeben ist von gesunden Infektionsträgern, deren Zahl von besonderen Umständen abhängig ist. Bei Personen, die in der Häuslichkeit erkrankt sind, sind es die Angehörigen, bei Soldaten die Stubenkompagniekameraden usw. Der Kranke kann bei der Übertragung — ganz entsprechend der epidemiologischen Erfahrung — nur eine unwesentliche Rolle spielen, erstens weil die Meningokokken schnell aus seinem Rachen verschwinden, zweitens weil der Kranke nur wenig Sekret nach außen befördert, und schließlich, weil er an das Bett gebannt zu einer weiteren Verstreuung des Kontagiums gar keine Gelegenheit hat. Anders verhält es sich mit dem gesunden Zwischenträger, der in seinen Gewohnheiten, seiner Lebensführung, seinem ganzen Verkehr unbeschränkt bei unzähligen Gelegenheiten seine Meningokokken abzugeben vermag.

Wie sich im einzelnen die Übertragung von Person zu Person vollzieht, auch darüber vermögen wir uns jetzt, gestützt auf die uns bekannten Eigenschaften der Meningokokken, bestimmte Vorstellungen zu bilden. Zunächst sei vorausgeschickt, daß die Übertragung von Bakterien, die in den oberen Luftwegen ihren Sitz haben, auf die in näherem Verkehr stehenden Personen außerordentlich leicht vor sich gehen muß. Bei den vielen Tausenden von Rachensekretuntersuchungen, die ich im Laufe der letzten Jahre vorgenommen habe, bin ich auf eine ins Auge fallende Gleichmäßigkeit in den Befunden bei Familienmitgliedern gestoßen. Bei gewissen Anginen habe ich unter anderen einen Coccus kennen gelernt, der wie der Meningococcus keineswegs ubiquitär ist. Jedesmal, wenn ich bei einem solchen Erkrankungsfalle die betreffenden Angehörigen untersuchte, erwiesen sie sich sämtlich, häufig auch das Dienstpersonal, von dem gleichen Coccus infiziert. Bei dem Meningococcus werden die Übertragungsmöglichkeiten beträchtlich durch gewisse biologische Eigentümlichkeiten — vor allem durch das schnelle Absterben bei Eintrocknung — eingeengt. In Kochsalzlösung suspendiert und in dünner Schicht angetrocknet erfolgt die Abtötung schon in wenigen Stunden. Je stärker das einhüllende, eine völlige Trocknung verzögernde Vehikel ist, um so länger bleibt aber die Lebensfähigkeit erhalten, so daß im Eiter oder Sputum vorhandene Meningokokken sich immerhin einige Tage — wir beobachteten bis zu fünf Tagen — zu halten vermögen. Allerdings spielt der Kulturstamm bei solchen Zeitangaben eine große Rolle. Bemerkt sei, daß gerade die frisch von dem Menschen gewonnenen Meningokokken die geringste Widerstandskraft besaßen und unter ihnen am empfindlichsten wieder die Stämme waren, die ich im Beginne der Epidemie isolierte. In der Praxis also wird die Abtötung auf diesem Wege womöglich noch schneller vonstatten gehen als es die Laboratoriumsexperimente vermuten lassen. Über



einige Tage hinaus werden sich die Meningokokken auch unter den günstigsten Verhältnissen, d. h. für die Praxis die in Sputum oder Eiter befindlichen, nicht halten können und zwar nicht nur infolge der eintrocknenden Einflüsse und der Konkurrenz der Begleitbakterien, sondern auch, weil sie außerhalb des Körpers und bei niedriger Temperatur von selbst absterben. Auch feucht gehalten verschwindet der Meningococcus, wenigstens der frisch aus dem Körper gezüchtete, wenn ihm die Möglichkeit zur Vermehrung fehlt, bzw. wenn nicht geeignete Nährstoffe und eine Temperatur über 25° vorhanden sind. Hiermit ist zugleich die Frage entschieden, ob Nahrungsmittel bei der Übertragung eine Rolle spielen könnten in dem Sinne, als sie zu Wucherungsstätten des Meningococcus würden. Rein theoretisch betrachtet, wäre ja das nicht ganz unmöglich, in der Praxis dürfte es aber nur ausnahmsweise einmal vorkommen, daß Nahrungsmittel — es kommen natürlich nur flüssige oder wenigstens feuchte in Betracht — bei Temperaturen über 25° aufbewahrt werden und dabei nach Zusammensetzung und Bakterienflora dem Meningococcus ein üppiges Wachstum gestatten. Aus unseren früher veröffentlichten Versuchen geht hervor, daß sich zwar auf Milch, Fleisch und Kartoffeln bei Brüttemperatur eine Vermehrung erzielen läßt, aber nur dann, wenn die Konkurrenz anderer Bakterien streng ausgeschaltet ist.

Hiernach bleiben als plausibele Möglichkeiten für die Übertragung zunächst der direkte Kontakt übrig (Küsse, Berührungen mit der mit Sekret beschmutzten Hand usw.), weiter der indirekte Kontakt, indem die Hände von Fußböden, Gebrauchsgegenständen frisch abgesetztes Sputum aufnehmen und wieder zu Mund oder Nase führen, und schließlich Inhalation von ausgestoßenen Tröpfchen. Eine Aufnahme von Meningokokken durch Inhalation von verstäubtem Sputum, mit der Droba und Kuçera rechnen, halte ich aber für unvereinbar mit den Tatsachen, da in einem Sputum bei dem Grade der Eintrocknung, die die Bildung flugfähiger Stäubchen ermöglicht, längst alle Meningokokken abgestorben sein müssen.

Bei der prozentual sehr geringen Disposition des Menschen für die Genickstarreerkrankung ist aber ein epidemisches Auftreten derselben nur dann möglich, wenn Gelegenheit zur Infektion sehr zahlreicher Personen, die als Zwischenträger fungieren können, gegeben ist. Da die Genickstarre vorwiegend eine Krankheit des Kindesalters ist, so könnte man versucht sein, unter den Kindern auch die vermittelnden Infektionsträger zu suchen. Das erscheint jedoch nach den epidemiologischen Erfahrungen nicht richtig und speziell den Schulen dürfte bei der Verbreitung der Genickstarre auch nicht annähernd der Einfluß beizumessen sein, der ihnen bei Masern und Scharlach wohl mit Recht beigemessen wird. Eine Erklärung kann darin gefunden werden, daß Kinder unverhältnismäßig



weniger ihr Rachensekret in Form von Auswurf absetzen. Wie dem aber auch sei — bei der Genickstarre sind die Kinder wohl scharfe Indikatoren für das Vorhandensein des Kontagiums, aber nicht die wesentlichen Zwischenträger, wenn auch nicht die Möglichkeit einer Übertragung auf diesem Wege geleugnet sein soll. Aber auch die Erwachsenen können als Infektionsträger nicht gleichmäßig bewertet werden. Sehr wesentlich muß es für die Wege und Ausbreitung der Epidemie sein, welcher Art der nahe Verkehrskreis eines Infizierten ist, ob innerhalb des Kreises günstige oder weniger günstige Bedingungen für die Übertragung bestehen, ob ihm zahlreiche oder nur wenige Personen angehören, ob er für sich abgeschlossen ist (Militär, Gefangene), oder wieder in nahe Beziehungen zu anderen Kreisen steht. Nach der Beantwortung dieser Frage ist die Gefährlichkeit eines Infektionsträgers wesentlich zu beurteilen.

In einer Reihe von Veröffentlichungen hat Jehle[1 2] an der Hand von Beobachtungen, die er in Österreich und Schlesien gesammelt hat, darzutun versucht, daß die Genickstarre ihre epidemische Verbreitung nur auf dem Wege der Grube (Kohlengrube) fände. In dieser Form ausgedrückt schießt die Jehlesche Hypothese entschieden über das Ziel hinaus, es dürfte sich aber auch auf Grund anderer Erfahrungen doch zu untersuchen verlohnen, ob vielleicht der Grubenarbeiter als ein gefährlicherer Infektionsträger gegenüber anderen Industriearbeitern anzusehen ist. Der Arbeitsbetrieb in den Kohlengruben ist im allgemeinen so geregelt, daß beim Schichtwechsel die Arbeiter, sowie sie beim Schachte angetreten sind, durch die Seilfahrt unter Tage gefördert werden. Hier angekommen verteilen sie sich an die verschiedenen „Orte", wo sie, zu 5 bis 6 Mann zu einer „Kameradschaft" vereinigt, ihre Tätigkeit aufnehmen. Mit dieser wird aber nicht etwa gleich begonnen, es kreist erst die Pfeife, dann wird gefrühstückt, ein gemeinsamer Trunk genommen usw. Die Leute der Kameradschaft halten zusammen, helfen sich gegenseitig mit ihren Werkzeugen, mit Eß- und Trinkgeschirren aus, kurz, bilden eine Art Familie. Bezüglich Ausspuckens, Schneuzens auf den Boden oder wo es sonst gerade hinkommt, legen sich die Leute natürlich wenig Zwang auf, ebenso wird der Auswurf auch leichter an die Hände des anderen gelangen, als es in gut beleuchteten und im allgemeinen reinlicher gehaltenen industriellen Etablissements möglich ist. Diese nahen, eine Infektion natürlich außerordentlich erleichternden Beziehungen bestehen aber nur zwischen den Angehörigen eben der an einem „Orte" beschäftigten Kameradschaft; zwischen den verschiedenen

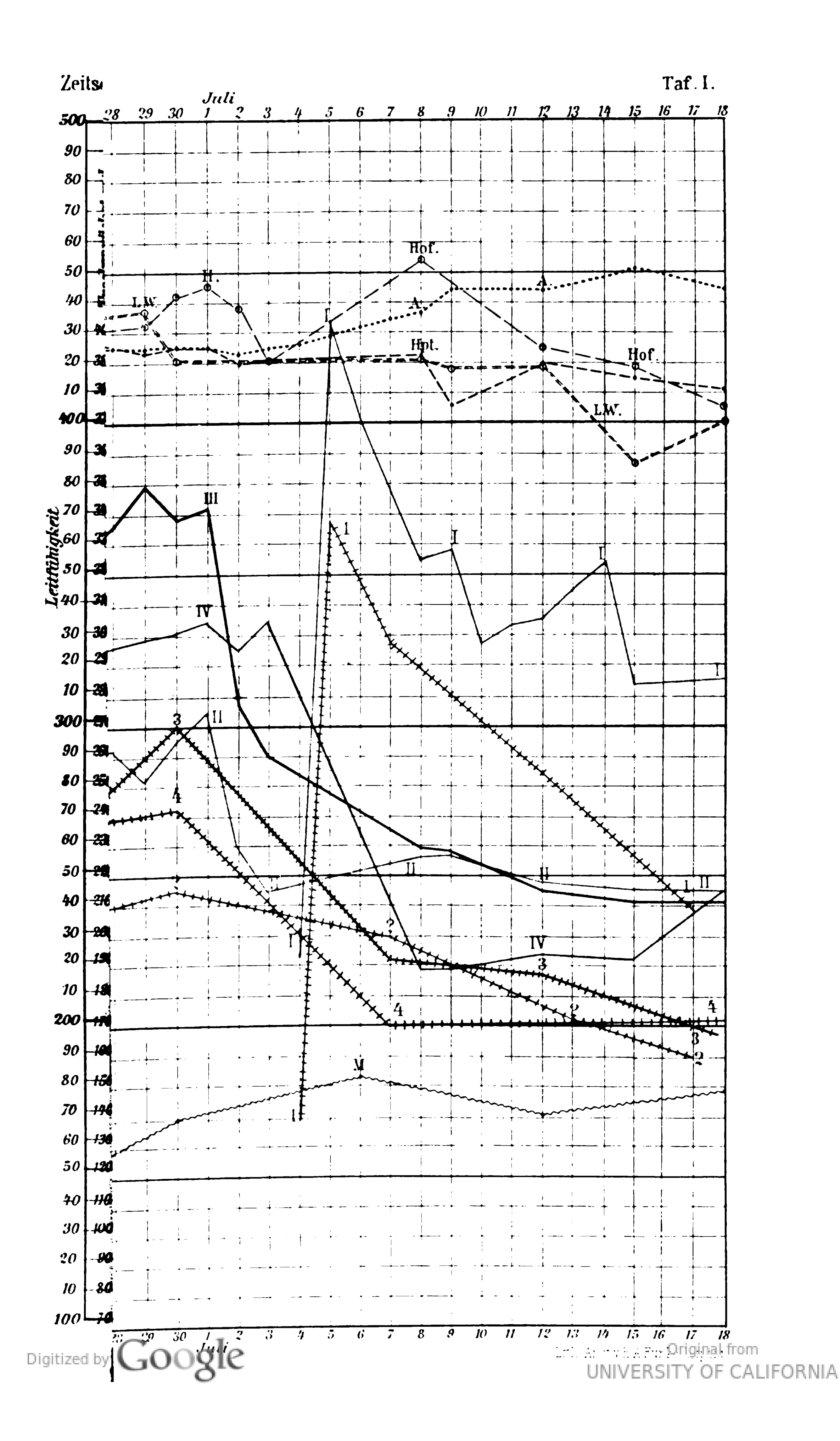
[1] *Wiener klin. Wochenschrift.* 1906. Nr. 25.
[2] *Münchener med. Wochenschrift.* 1906. Nr. 29.

Kameradschaften auch desselben Reviers ist der Verkehr nur ein ganz lockerer. Die einzige Gelegenheit, die die Arbeiter sonst noch in nähere Beziehung bringt, ist die kurze, gemeinsame Seilfahrt.

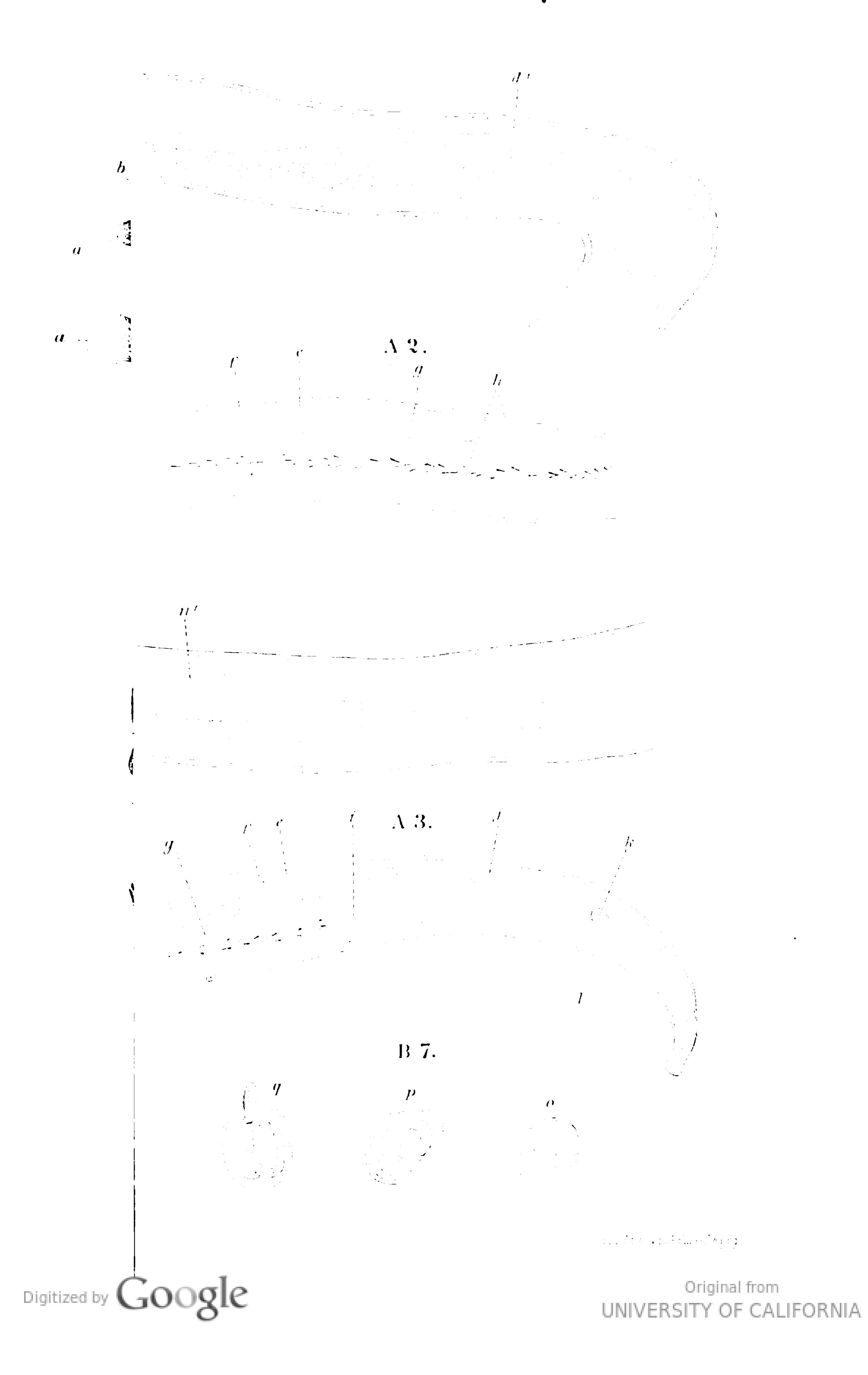
Wir sehen also, daß einerseits in der Grube Arbeitsverhältnisse bestehen, die unzweifelhaft sehr günstige Bedingungen für eine Übertragung schaffen, günstigere, als sie sonst in industriellen Betrieben vorkommen dürften. Andererseits beschränkt sich aber dieser nahe Verkehr immer nur auf verhältnismäßig wenig Personen, da wir die gemeinsame Seilfahrt schließlich nicht anders bewerten können, als eine Fahrt auf der Eisenbahn oder Straßenbahn. In bezug auf die Größe des nahen Verkehrskreises liegen unter anderen die Verhältnisse beim Militär ungünstiger und wir würden auch hier wahrscheinlich verlustreichere Epidemien haben, wenn die Soldaten wie Arbeiter Familienväter wären. Daß in der Grube nach mancher Richtung für die Konservierung der mit dem Auswurf entleerten Meningokokken günstigere Bedingungen gegeben sind als über Tage — infolge der Dunkelheit und der größeren Feuchtigkeit — wird man Jehle konzedieren dürfen. Die erlösende Formel ist aber mit seiner Hypothese jedenfalls noch nicht gefunden.[1] Wir müssen vielmehr daran festhalten, daß nicht der Grubenschacht allein, sondern jedes Verkehrsverhältnis, das eine größere Anzahl im Punkte der Reinlichkeit nicht ängstlicher Personen in nahe Beziehungen bringt, der Ausbreitung der Genickstarre Vorschub leistet. Ich brauche kaum hinzuzufügen, daß zum Entstehen einer Epidemie noch andere Dinge gehören, — Zufälligkeiten und last not least Eigenschaften des Erregers, für die wir heute noch nicht das volle Erkennungsvermögen besitzen. Was uns aber bisher die bakteriologische Forschung über den Meningococcus gebracht hat, steht im vollen Einvernehmen zu dem, was die epidemiologische Beobachtung uns lehrt und vermag uns, wenn auch vor der Hand nicht alle, so doch manche Eigentümlichkeiten in der Ausbreitung der Seuche zu erklären.

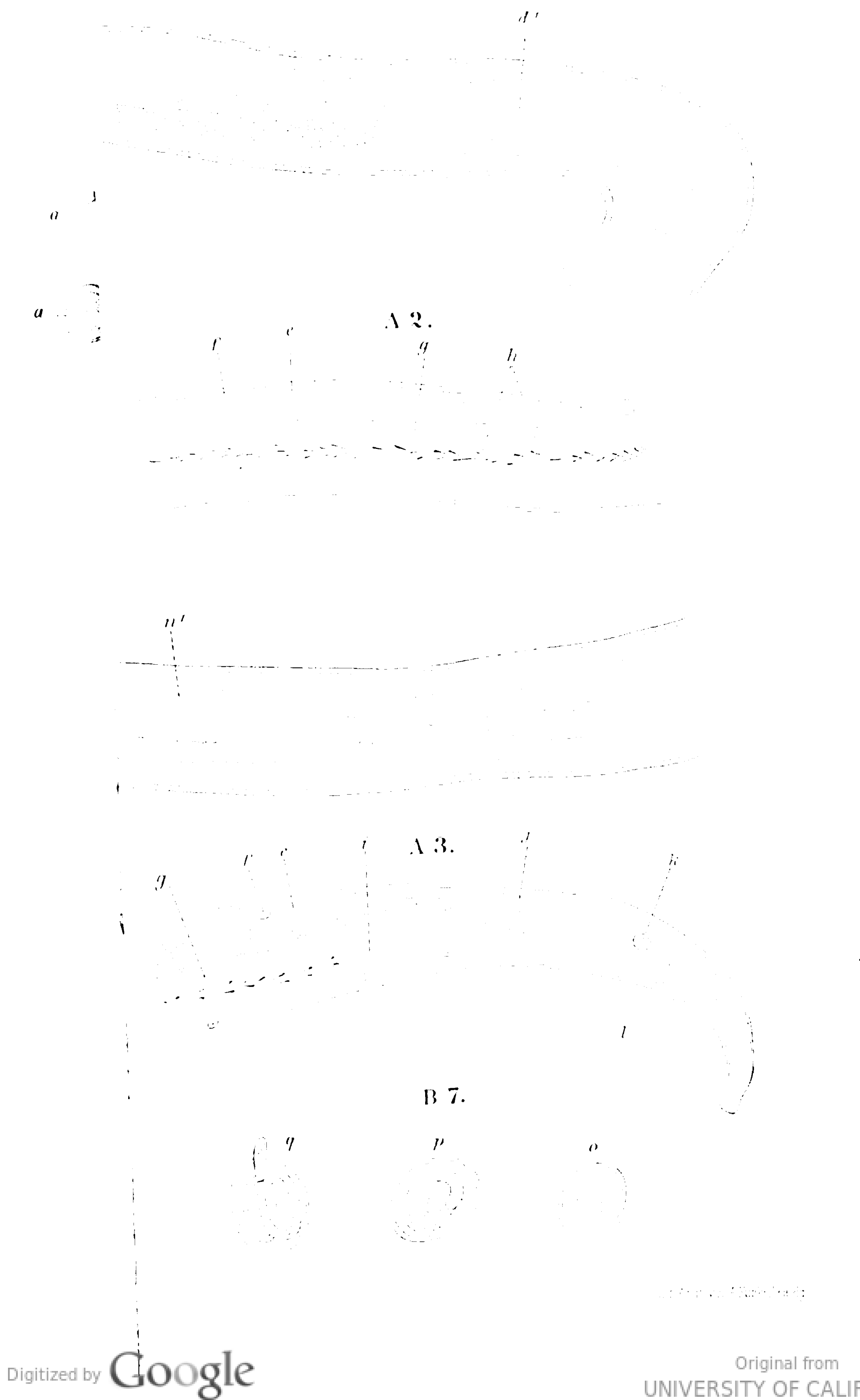
[1] S. auch Krohne, Berichte über das Auftreten der Genickstarre in den westlichen Bezirken Preußens. Bahr, *Klin. Jahrbuch.* Bd. XVII.




Zeits
Taf. I.
Juli
28 29 30 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
500
400
300
200
100
90 80 70 60 50 40 30 20 10
Leitfähigkeit
Hof.
H.
L.W.
A.
Hpt.
III
IV
II
I
3
4
2
M

28 29


A 2.
A 3.
B 7.


A 2.
A 3.
B 7.

